Deckblatt

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Blatt: 1
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56113000				HF	RB	0030	00	Stand: 23.07.2020

Titel der Unterlage:
ABSCHLUSSBERICHT ZUR DURCHFÜHRUNG DER 3D-SEISMISCHEN MESSUNG IM GEBIET DER SCHACHTANLAGE ASSE II

Ersteller/Unterschrift:	Prüfer/Unterschri
GEOFIZYKA TORUN S.A.	[redacted]

Stempelfeld:

UVST:	bergrechtlich verantwortliche Person:	atomrechtlich verantwortliche Person:	Bereichsleitung:	Freigabe zur Anwendung:
[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]
Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der BGE.

Revisionsblatt

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Blatt: 2
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56113000				HF	RB	0030	00	Stand: 23.07.2020

Titel der Unterlage:
ABSCHLUSSBERICHT ZUR DURCHFÜHRUNG DER 3D-SEISMISCHEN MESSUNG IM GEBIET DER SCHACHTANLAGE ASSE II

Rev.	Rev.-Stand Datum	Verantwortliche Stelle	Revidierte Blätter	Kat.*	Erläuterung der Revision
00	23.07.2020	TEK-GI.4/2			Ersterstellung

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
Kategorie S = substantielle Änderung
mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden

PT038554

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

DECKBLATT

Stand: 23.07.2020

Blatt: 1

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

Kurztitel der Unterlage:

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Ersteller / Unterschrift:

Geofizyka Torun S.A.

Prüfer / Unterschrift:

[redacted]

Titel der Unterlage:

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-seismischen Messung

im Gebiet der Schachtanlage Asse II

Freigabevermerk:

Freigabedurchlauf

Fachbereich: TEK-GI	Stabsstelle Qualitätssicherung:	Endfreigabe: Bereichsleitung ASE
Datum: [redacted]	Datum: [redacted]	Datum [redacted]
Name:	Name:	Name
Unterschrift	Unterschrift	Unterschrift

2019-07-22_KQM_Deck-Revisionsblatt_REV23

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Blatt: 2a

REVISIONSBLATT

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

Kurztitel der Unterlage:

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Rev	Revisionsstand Datum	Verantwortl. Stelle	revidierte Blätter	Kat. *)	Erläuterung der Revision
00	23.07.2020	TEK-GI.4/2		-	Neuerstellung

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur, Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung, Kategorie S = substantielle Änderung.
Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

Inhaltsverzeichnis **Blatt**

Deckblatt ... 1
Revisionsblatt ... 2a
Inhaltsverzeichnis ... 3
Freigabeblatt ... 7
1 Einleitung ... 8
2 Messgebiet ... 9
3 Zeitlicher Ablauf ... 11
4 Messtrupp ... 14
5 Sicherheit, Gesundheit und Umwelt (SGU) / Health, Safety and Environment (HSE) ... 15
6 Vermessung ... 18
7 Prüfung der Kampfmittelfreiheit ... 23
8 Bohren und Laden ... 24
9 VSP ... 27
10 Nahlinienmessungen ... 28
11 Erschütterungsmessungen ... 29
12 Permitting ... 32
13 Technisches Audit ... 34
14 3D-Seismik ... 35
14.1 Parametertest ... 35
14.2 Seismische Datenakquisition ... 35
14.2.1 Anregungsparameter ... 35
14.2.2 Empfangs- und Aufzeichnungsparameter ... 36
14.2.3 Messgeometrie ... 37
14.3 Qualitätskontrolle ... 42
14.3.1 Qualitätskontrolle - Registriereinheiten ... 42
14.3.2 Qualitätskontrolle - Vibratoren ... 44
14.3.3 Kontrollprofil ... 45
14.4 Untertage-Registrierung ... 47
14.5 Datenaufbereitung ... 49
14.6 Produktivität ... 50
14.7 Statistische Daten ... 53
14.8 Seismische Datenbearbeitung zur Qualitätskontrolle ... 55
14.8.1 Seismische Datenbearbeitungssequenz ... 56
14.8.2 Geschwindigkeitsanalysen ... 57
14.8.3 Seismische Daten / Spektralanalysen ... 62
14.8.4 Finale Stapelung und Post-Stack Zeitmigration ... 63
15 Zusammenfassung ... 64
16 Begleitende Unterlagen ... 66
16.1 Dokumentation ... 66
16.2 Ausrüstung und Hardware ... 69
16.3 Software ... 72
16.4 Erschütterungsmessungen ... 73
16.5 Statistische Daten ... 75
16.6 Seismische Datenbearbeitung zur Qualitätskontrolle ... 79
17 Literaturverzeichnis ... 104

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Karte der abgeschlossenen seismischen Arbeiten I (1:6.000) ... 105
Anhang 2: Karte der abgeschlossenen seismischen Feldarbeiten II (1: 6.000) ... 106
Anhang 3: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 2000 m ... 107
Anhang 4: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 2000 m ... 108
Anhang 5: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 600 m ... 109
Anhang 6: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 600 m ... 110

Anhang 7: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 200 m 111
Anhang 8: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 200 m 112
Anhang 9: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets 113
Anhang 10: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets 114
Anhang 11: Verteilung anregungspunktnaher Offsets 115
Anhang 12: Verteilung anregungspunktnaher Offsets 116
Anhang 13: Verteilung mittlerer Offsets 117
Anhang 14: Verteilung mittlerer Offsets 118
Anhang 15: Verteilung anregungspunktferner Offsets 119
Anhang 16: Verteilung anregungspunktferner Offsets 120
Anhang 17: Offset-Azimut-Verteilung 121
Anhang 18: Histogramm der Offsetverteilung 122
Anhang 19: Histogramm der Azimutverteilung 123
Anhang 20: Histogramm des Überdeckungsgrads 124
Anhang 21: Zusammenfassung der Anregungspunkte 125
Anhang 22: Zusammenfassung der Empfangspunkte 130
Anhang 23: Weggefallene Anregungspunkte 136
Anhang 24: Weggefallene Empfangspunkte 151
Anhang 25: SEGY to SEGD Converter, SEGD format specification 160

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf der seismischen Messkampagne 13
Tabelle 2: Personal der Fremdbauüberwachung 14
Tabelle 3: Schlüsselpersonal des Messtrupps DE-24 von GT 14
Tabelle 4: HSE-Leistungsindikatoren 17
Tabelle 5: Anzahl des während der seismischen Messkampagne beschäftigten Personals 17
Tabelle 6: Verteilung der Bohrtiefen 25
Tabelle 7: Messparameter der VSP-Messungen 27
Tabelle 8: Gemessener Tiefenbereich in den einzelnen Bohrungen sowie Abstand der Anregungspunkte zum Bohrloch 27
Tabelle 9: Anregungsparameter – Vibroseismik 36
Tabelle 10: Anregungsparameter – Sprengseismik 36
Tabelle 11: Parameter der Empfänger 37
Tabelle 12: Parameter der Datenaufzeichnung 37
Tabelle 13: Messgeometrie 38
Tabelle 14: Tests der Innoseis Tremornet Registriereinheiten 43
Tabelle 15: Durchgeführte Vibrator-Tests 45
Tabelle 16: Statistische Daten der abgeschlossenen 3D-Seismik 54
Tabelle 17: Quantitative Verteilung der Empfängerpunkte 55
Tabelle 18: Quantitative Verteilung der Anregungspunkte 55
Tabelle 19: Binning Parameter 55
Tabelle 20: Liste der an BGE übergebenen Daten und Dokumente 66
Tabelle 21: Wesentliche technische Ausrüstung des seismischen Messtrupps 69
Tabelle 22: Technische Spezifikationen des mobilen Rechenzentrums zur Datenkonvertierung 71
Tabelle 23: Wesentliche technische Software des seismischen Messtrupps 72
Tabelle 24: Auswahl geplanter, eingemessener und gemessener Anregungspunkte 75
Tabelle 25: Auswahl geplanter, eingemessener und gemessener Empfängerpunkte 76
Tabelle 26: Beispiele für weggefallene Anregungspunkte 77
Tabelle 27: Beispiele für weggefallene Empfängerpunkte 78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Messgebiets 10
Abbildung 2: Organigramm des Messtrupps 15
Abbildung 3: Digitales Geländemodell in Farbskala mit Messgebiet (rote Umrandung) 20
Abbildung 4: Topografische Übersichtskarte mit Messgebiet (rote Umrandung) 21

Abbildung 5: Anzahl der täglich eingemessenen Anregungs- und Empfangspunkte 22
Abbildung 6: Auf einem Traktor montiertes Bohrgerät PAT 301 (PAT) 26
Abbildung 7: Tragbares Bohrgerät EMCI Explo 220MPR 26
Abbildung 8: Karte mit allen Anregungspunkten und Lage der Erschütterungsmesspunkte 30
Abbildung 9: Beispielhafte Position eines Erschütterungsmessgerätes 31
Abbildung 10: Aktive Auslage für die seismischen Anregungspunkte in der südlichen Hälfte des Messgebiets 39
Abbildung 11: Aktive Auslage für die seismischen Anregungspunkte in der nördlichen Hälfte des Messgebiets 40
Abbildung 12: Tatsächliche Lage der Anregungs- (rot) und Empfangspunkte (blau) 41
Abbildung 13: Anzahl der täglich per App kontrollierten Registriereinheiten/Geophone 43
Abbildung 14: Prozentuale Anzahl der aufgrund eines Defektes ausgetauschten oder wiedereingesetzter Registriereinheiten und deren Summe (s. Erläuterungen im Text) 44
Abbildung 15: Registrierung typischer Kontrollparameter vier eingesetzter Vibratoren 45
Abbildung 16: Lage des aus 40 Kanälen bestehenden seismischen Kontrollprofils (blau) und der von ihnen registrierten Anregungspunkte(rot) 46
Abbildung 17: Datenbeispiel für die Registrierung auf dem Kontrollprofil von 6 Anregungspunkten 47
Abbildung 18: Räumliche Lage der in der Schachtanlage Asse II untertägig aufgestellten Registriereinheiten 48
Abbildung 19: Beispiel für eine untertägige Registrierung in der Schachtanlage Asse II bei einer obertägigen Anregung 49
Abbildung 20: Tägliche Anzahl der Anregungspunkte 51
Abbildung 21: Kumulative Anzahl der Anregungspunkte 52
Abbildung 22: Verteilung der Arbeitszeiten auf einzelne Tätigkeiten während der seismischen Messung 53
Abbildung 23: Eckkoordinaten und Nummerierungen der In- und Crosslines des Bin-Gitters 56
Abbildung 24: Lage der Geschwindigkeitsanalysepunkte (weiß) vor dem Kartenhintergrund des CMP-Überdeckungsgrads 58
Abbildung 25: Beispiel einer Geschwindigkeitsanalyse auf der Südflanke der Asse-Struktur – Inline 1360, Crossline 1520, CDP 376910 59
Abbildung 26: Beispiel einer Geschwindigkeitsanalyse auf dem Top der Asse-Struktur – Inline 1760, Crossline 1520, CDP 784910 60
Abbildung 27: Beispiel einer Geschwindigkeitsanalyse auf der Nordflanke der Asse-Struktur – Inline 2160, Crossline 1520, CDP 1192910 61
Abbildung 28: Lage der in den Abbildungen 39-44 bzw. 45-50 dargestellten In- und Crosslines vor dem Kartenhintergrund des CMP-Überdeckungsgrads 63
Abbildung 29: Beispiel für ein Protokoll der Erschütterungsmessungen mit Angaben zur Lage des Messpunktes 73
Abbildung 30: Beispiel für ein Protokoll der Erschütterungsmessungen mit Angaben zu den aufgezeichneten Erschütterungen 74
Abbildung 31: Frequenzspektrum von unbearbeiteten Rohdaten für eine Vibrationsanregung (FFID 44331) 79
Abbildung 32: Frequenzspektrum nach der Datenbearbeitung für eine Vibrationsanregung (FFID 44331) 79
Abbildung 33: Frequenzspektrum von unbearbeiteten Rohdaten für eine Sprenganregung (FFID 200250) 80
Abbildung 34: Frequenzspektrum nach der Datenbearbeitung für eine Sprenganregung (FFID 200250) 80
Abbildung 35: Rohdatenbeispiel vor der Bearbeitung – Vibratoranregung – FFID 44331, Empfangslinien 1601-1641 81
Abbildung 36: Datenbeispiel nach der Bearbeitung – Vibratoranregung – FFID 44331, Empfangslinien 1601-1641 82
Abbildung 37: Rohdatenbeispiel – Sprenganregung – FFID 200150, Empfangslinien 1436-1456 .. 83

Abbildung 38: Datenbeispiel nach der Bearbeitung – Sprenganregung – FFID 200150, Empfangslinien 1436-1456 84
Abbildung 39: Finale Stapelung, Inline 1200 (Südflanke der Asse-Struktur) 85
Abbildung 40: Finale Stapelung, Inline 1750 (Top der Asse-Struktur) 86
Abbildung 41: Finale Stapelung, Inline 2300 (Nordflanke der Asse-Struktur) 87
Abbildung 42: Finale Stapelung, Crossline 1200 (Westen der Asse-Struktur) 88
Abbildung 43: Finale Stapelung, Crossline 1500 (Zentralteil der Asse-Struktur) 89
Abbildung 44: Finale Stapelung, Crossline 1800 (Osten der Asse-Struktur) 90
Abbildung 45: Post-Stack Zeitmigration, Inline 1200 (Südflanke Asse-Struktur) 91
Abbildung 46: Post-Stack Zeitmigration, Inline 1750 92
Abbildung 47: Post-Stack Zeitmigration, Inline 2300 93
Abbildung 48: Post-Stack Zeitmigration, Crossline 1200 94
Abbildung 49: Post-Stack Zeitmigration, Crossline 1500 95
Abbildung 50: Post-Stack Zeitmigration, Crossline 1800 96
Abbildung 51: Finale Stapelung, Zeitscheibe bei 500 ms 97
Abbildung 52: Finale Stapelung, Zeitscheibe bei 1000 ms 98
Abbildung 53: Finale Stapelung, Zeitscheibe bei 1500 ms 99
Abbildung 54: Post-Stack Zeitmigration, Zeitscheibe bei 500 ms 100
Abbildung 55: Post-Stack Zeitmigration, Zeitscheibe bei 1000 ms 101
Abbildung 56: Post-Stack Zeitmigration, Zeitscheibe bei 1500 ms 102
Abbildung 57: Post-Stack Zeitmigration Cube 103

Anzahl der Blätter dieses Dokumentes.....168

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1:DVD-Bohrprotokoll
BGE-Asse-KZL: 9A/56100000/SMÜ/-/-/HF/ZD/0001/00

Anlage 2:DVD-DIN 4150-3 – Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen
BGE-Asse-KZL: 9A/56100000/SMÜ/-/-/HF/ZD/0002/00

Anlage 3:DVD-Bericht Qualitätskontrolle (In-Field QC)
BGE-Asse-KZL: 9A/56100000/SMÜ/-/-/HF/ZD/0003/00

Anlage 4:VSP- Messdurchführung im Rahmen der 3D-seismischen Messung im Gebiet der Schachtanlage Asse II
BGE-Asse-KZL: 9A/56100000/SMÜ/-/-/HF/BW/0008/00

Anlage 5:Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz (HSE) im Rahmen der 3D-seismischen Messung im Gebiet der Schachtanlage Asse II
BGE-Asse-KZL: 9A/56100000/SMÜ/-/-/HF/BW/0010/00

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Freigabeblatt

GEOFIZYKA TORUŃ
GRUPA PGNiG

Auftraggeber (AG): BGE mbH (Schachtanlage Asse II)
Am Walde 2
38319 Remlingen

Auftragnehmer (AN): Geofizyka Toruń S.A
Chrobrego 50
87–100 Toruń, Poland
+48 566593101

Bestell-Nr. (AG): 45172450
Auftrag-Nr. (AN): 18175

Toruń, 18.05.2020

[redacted]
Direktor, Seismische Datenakquisition

[redacted]
Berichtersteller

Übersetzung

[redacted]

1 Einleitung

Die Schachtanlage Asse II befindet sich in Remlingen, Landkreis Wolfenbüttel, etwa 10 km südöstlich der Stadt Wolfenbüttel. Sie wurde von 1909 bis 1964 für die Gewinnung von Kali- und Steinsalz betrieben. Im Zeitraum von 1967 bis 1978 wurden im stillgelegten Salzbergwerk Asse II, rund 126.000 Gebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen eingelagert.

Um den Kenntnisstand über die geologische Struktur zu erweitern, hat die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) als Betreiber der Schachtanlage Asse II die Geofizyka Toruń S.A. (GT) mit der Durchführung einer 3D-seismischen Messung sowie VSP-Messungen (Vertical-Seismic-Profiling) in bestehenden Bohrungen der Asse beauftragt. Mit Hilfe dieser Messungen soll die Asse-Struktur möglichst lückenlos abgebildet werden und das Geschwindigkeitsmodell des Messgebietes verbessert werden. Ziele der 3D-Seismik sind die lagerichtige räumliche Abbildung der Salzumhüllenden und des Salzspiegels im zentralen Bereich der Salzstruktur, die Charakterisierung potentieller Migrationspfade von Lösungszutritten, die Erlangung von detaillierten Kenntnissen über den Aufbau des Deckgebirges, sowie die großräumige Erfassung von Störungen und deren Charakterisierung. Die geologische Situation und die Abgrenzung des Deckgebirges zum Salinar bedingen eine Erkundungstiefe von 200 m bis ungefähr 2.000 m.

Im Rahmen der Durchführung der 3D-seismischen Messungen wurden von GT folgende Leistungen erbracht:

- Weiterführung des Permittings, wobei im Rahmen der Vorbereitung der 3D-Seismik bereits erste Permitarbeiten durch die Firma IPS Informations- und Planungsservice GmbH (IPS) im Auftrag der BGE durchgeführt worden sind.
- Durchführung der 3D-Reflexionsseismik (Vibroseismik und Sprengseismik) mit einem kabellosen Messsystem, inkl. der Vermessung der Anregungs- und Empfangspunkte und refraktions-seismischer Messungen zur Bestimmung des oberflächennahen Geschwindigkeitsfelds (Nahlinienmessungen).
- VSP-Messungen (Vertical-Seismic-Profiling) mit jeweils drei Anregungspunkten in vier bestehenden Bohrungen.
- Durchführung von begleitenden Erschütterungsmessungen in Ortschaften und im Umfeld von ausgewählten Bauten.
- Durchführung der Prüfung auf Kampfmittelfreiheit in Teilen des Messgebiets.

Gemäß Terminplanung sollten diese Leistungen im Zeitraum vom 01.10.2019 bis zum 31.03.2020 durchgeführt werden. Die seismischen Anregungen (Vibroseismik und Sprengseismik) waren dabei auf den Zeitraum vom 01.11.2019 bis zum 29.02.2020 beschränkt.

Zur Durchführung von Teilleistungen beauftragte GT folgende Firmen als Subunternehmer:

- IPS Informations- und Planungsservice GmbH: Permitting (Prepermitting, Permitting und Permit-On-Line)
- Andy Musfeld, Spedition und Industrieservice: Sprengarbeiten, Feldleiter
- SafeLane Global GmbH: Untersuchung der Kampfmittelfreiheit

Mit der Durchführung der Qualitätskontrolle (Fremdbauüberwachung) der 3D-seismischen Messung beauftragte die BGE die GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH ( ) und die VibroSeitz Consulting ( ) als seismische Berater. Die Einhaltung der naturschutzfachlichen Auflagen wurde im Auftrag der BGE durch das Ingenieurbüro Schmal+Ratzbor ( ) kontrolliert.

2 Messgebiet

Das Messgebiet der 3D-Seismik umfasst eine zusammenhängende Fläche von ca. 36,5 km^2 und erstreckt sich in Richtung Südwest-Nordost. Es schließt die Orte Wittmar, Remlingen, Groß Vahlberg, Mönchevahlberg, Weferlingen, Klein Biewende sowie teilweise Dettum und Sottmar ein (Abbildung 1). Im Zentrum der Messfläche befindet sich der Höhenzug der Asse mit steilen Flanken nach Südwesten und Nordosten. Er erreicht Höhen über 220 m ü. NN und liegt damit ca. 80 m über dem südlichen Gelände und ca. 130 m über dem nördlich liegenden Tal der Altenau. Südlich des Höhenzugs quert die Bundesstraße B79 das Messgebiet, im Norden die Eisenbahnlinie Wolfenbüttel – Schöppenstedt. Ein Großteil der Messfläche im Südwesten und Nordosten der Asse wird landwirtschaftlich genutzt. Der Höhenzug der Asse ist nahezu vollständig mit Wald bedeckt. Im Waldgebiet der Asse sind nur wenige Fahrwege vorhanden – allerdings existiert eine große Anzahl von Rückegassen, die überwiegend senkrecht zur Streichrichtung des Höhenzugs orientiert sind.

Für die 3D-Seismik wurde ein orthogonales Messraster verwendet, das mit nominell 40.860 Anregungspunkten und 46.130 Empfangspunkten eine für eine 3D-Seismik einzigartig hohe Punktdichte aufweist.

In Ortslagen wurde das Messraster entsprechend dem Straßen- und Wegenetz angepasst und die Kraft der vibroseismischen Anregungen reduziert. Um die vorhandenen Wege und Rückegassen für eine Anregung der seismischen Wellen mit Hilfe von Vibrationsfahrzeugen und Sprengungen optimal nutzen zu können, wurden die Anregungslinien des Messrasters an die Orientierung der Rückegassen im Waldgebiet angepasst. Gegenüber der ursprünglichen Planung, die einen Verlauf der Empfangslinien senkrecht zur Streichrichtung des Höhenzugs vorsah, wurde nach der Auftragsvergabe an GT, rechtzeitig vor Beginn der seismischen Messkampagne, in Abstimmung mit BGE im März 2019 das Messraster um 90° gedreht. Die Anregungspunktlinien verlaufen somit in nordost-südwestlicher Richtung und die Empfangspunktlinien senkrecht dazu, in nordwest-südöstlicher Richtung.

Für die Energieanregung wurden überwiegend Vibrationsfahrzeuge eingesetzt und in den für die Vibrationsfahrzeuge nicht zugänglichen Waldgebieten der Asse und bei unwegsamem Gelände wurden Sprengungen in bis zu 15 m tiefen Bohrungen durchgeführt. Bei der Annäherung von sprengseismischen Anregungspunkten an Gebäude oder anderen Objekten, wie z.B. Teichen oder Grundwassermesstellen, wurden Sicherheitsabstände eingehalten und die Ladungsmengen begrenzt. Darüberhinaus mussten im Waldgebiet der Asse bei der Anlage von sprengseismischen Anregungspunkten auch Erdfälle berücksichtigt werden. In erkennbaren oder karierten Erdfällen durfte nicht gebohrt werden und der Anregungspunkt wurde verlegt oder fiel weg.

Das Truppbüro des seismischen Trupps DE-24 von GT befand sich in Wittmar unter der Adresse:
Geofizyka Toruń S.A.
Seismischer Trupp DE-24
Kastanienallee 12
38329 Wittmar

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

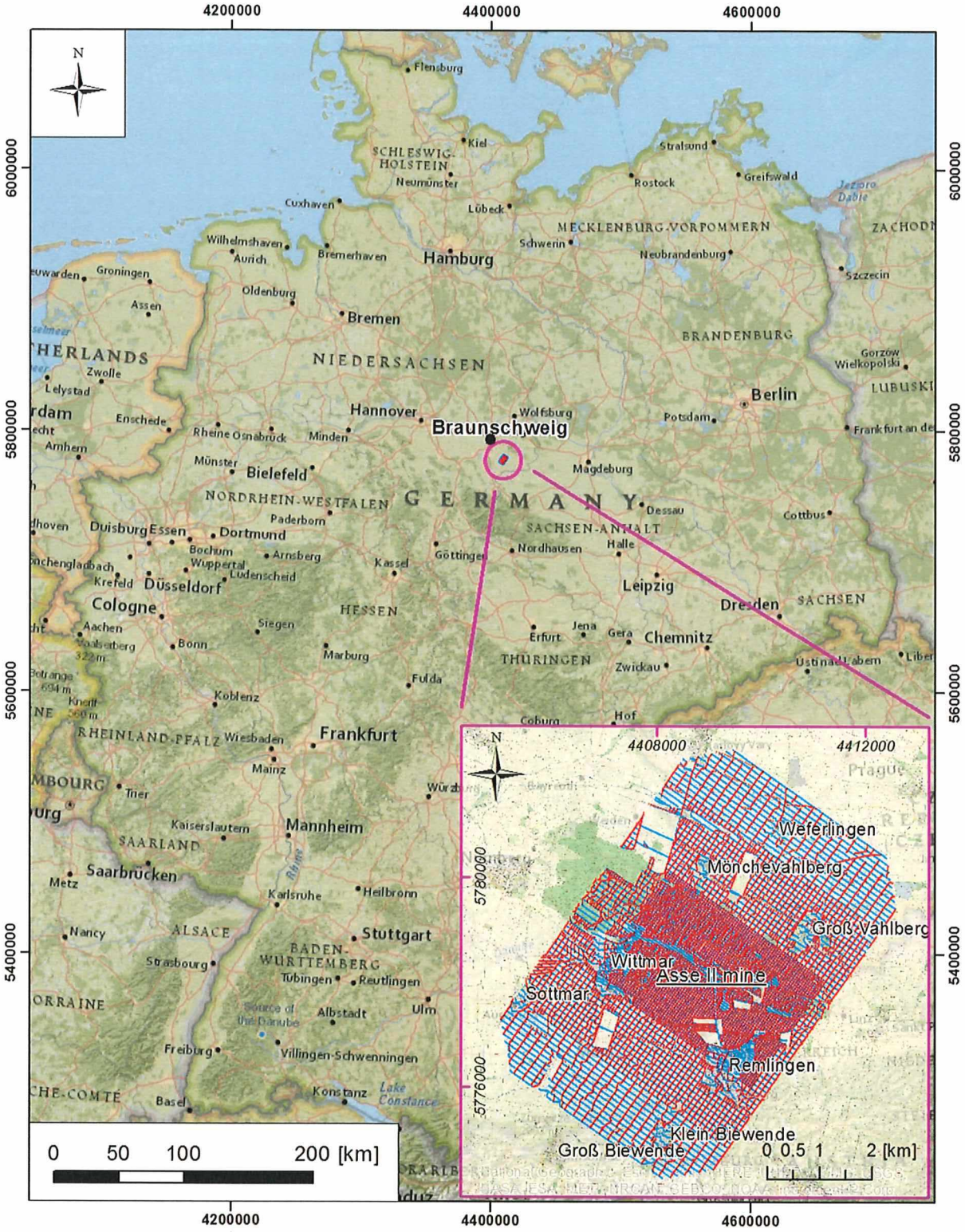


Abbildung 1: Lage des Messgebiets

3 Zeitlicher Ablauf

Die seismischen Messungen wurden auf Basis des von der BGE erstellten Sonderbetriebsplans „Nr. 9/2018 Durchführung einer 3D-seismischen Messung (3D-Seismik-Hauptmessung) zur Strukturerkundung im Gebiet der Schachtanlage Asse II, Zechenbuch-Nr. 2.18.2.2“ durch das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) mit Bescheid vom 08.04.2019 zugelassen (SBPL-Zulassung: L 1.3/L67162/02-19/2014-0001/054). In der Ablaufplanung des Sonderbetriebs-plans war vorgesehen, dass die 3D-seismischen Messungen in einem Zeitraum vom 01.10.2019 bis 31.03.2020 im Rahmen einer Messkampagne durchgeführt werden. Der Zeitraum vom 01.10.2019 bis 31.03.2020 beinhaltete alle mit der 3D-Seismik zusammenhängenden Arbeiten, wie die Mobilisierung und Demobilisierung, das Technische Audit, die Vermessung der Anregungs- und Empfangspunkte, die Prüfung auf Kampfmittelaltlasten, den Auf- und Abbau der Geophone, den Parametertest, die Messung der Nahlinien, das Abteufen der Bohrungen für die Sprengseismik sowie die eigentlichen seismischen Feldmessungen, wobei die seismischen Anregungen (Einsatz der Vibratoren sowie Sprengseismik) auf den Zeitraum vom 01.11.2019 bis 29.02.2020 beschränkt waren.

Die gesamte seismische Messkampagne gliederte sich im Wesentlichen in zwei Phasen. In eine erste Phase mit überwiegend vorbereitenden Arbeiten, wie die Vermessung der Anregungs- und Empfangspunkte, die Erstellung der Bohrungen für die Sprengseismik, die Prüfung auf Kampfmittelfreiheit und die Messung von Nahlinien sowie in einer zweiten Phase mit der eigentlichen Durchführung der 3D-Seismik und der VSP-Messungen inklusive dem Auf- und Abbau der Registriereinheiten. Die

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Haupttätigkeiten in diesen zwei Phasen der Messkampagne. Vor Beginn dieser beiden Phasen wurden alle Rückegassen im Waldgebiet von GT erfasst und eingemessen, was die Grundlage für die Drehung des Messrasters darstellte (s. Kapitel 2) und damit die zeitliche Optimierung des Bohrablaufes ermöglichte.
Für die erste Phase wurden im September 2019 die Mitarbeiter und die Ausrüstung für die Vermessung, die Bohrarbeiten, die Nahlinien und die Prüfung auf Kampfmittelfreiheit mobilisiert. Auf Anträge der BGE vom 16.05.2019 und 17.06.2019 wurde durch den Landkreis Wolfenbüttel am 11.07.2019 eine Änderung der erteilten Ausnahmegenehmigung erteilt, die es bereits im August 2019 ermöglichte an 12 Punkten im Asse-Wald Testbohrungen durchzuführen, um so die für die Sprengseismik geplanten Bohrungen mit angepasstem Bohrequipment und besser abgestimmten Methoden ausführen zu können. Außerdem durften im Rahmen eines Tests zur Ermittlung optimierter sprengseismischer Parameter (Bohrlochtiefe und Ladungsmenge) an drei ausgewählten Standorten sprengseismische Anregungen vor dem 01.10.2019 durchgeführt werden.
Nach erfolgter Mobilisierung wurden die Bohrgeräte, die Geräte der Vermessung sowie die Ausrüstung für die Nahlinien im Rahmen eines Technischen Audits durch die Firma Verif-I Ltd. am 25./26.09.2019 geprüft [8].
Die erste Phase der Messkampagne mit der Vermessung der Anregungs- und Empfangspunkte, der Erstellung der Bohrungen für die Sprengseismik, der Prüfung auf Kampfmittelfreiheit und der Messung von Nahlinien konnte vor Weihnachten 2019 abgeschlossen werden.
Die zweite Phase der Messkampagne begann Anfang Januar 2020 mit der Mobilisierung des Personals und der Ausrüstung für die eigentliche Durchführung der 3D-Seismik und der VSP-Messungen. Das technische Audit der Geräte für die Anregung und Registrierung fand zwischen dem 07.01. und 10.01.2020 statt. Nach einem Test zur Festlegung der Parameter der vibroseismischen Anregung am 13.01.2020 und dessen Auswertung begannen am 17.01.2020 die 3D-seismischen Feldmessungen. Zuvor wurden vom 08.01. bis zum 12.01.2020 die VSP-Messungen an vier Bohrlöchern durchgeführt.
Generell wurde im Einschichtbetrieb von 07.00 Uhr bis 17.00 Uhr gearbeitet, nur die vibroseismischen Anregungen wurden im Zweischichtbetrieb mit Arbeitszeiten von 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr durchgeführt. Über die Weihnachtszeit und den Jahreswechsel pausierten die Arbeiten vom 21.12.2019 bis zum 03.01.2020.

Aufgrund von naturschutzfachlichen Auflagen musste das 3D-seismische Messprogramm am 29.02.2020 zum Ende der Brut- und Setzzeiten abgeschlossen sein, was sowohl für die Bohrungen als auch für die seimischen Anregungen sehr hohe Tagesleistungen erforderte. Insbesondere die

dafür notwendigen Tagesleistungen von über 1000 seismischen Anregungen waren nur unter Anwendung des Slip-Sweep-Verfahrens zu realisieren (s. auch Kapitel 14.6). Um technische Ausfälle des zur Verfügung stehenden Equipments und auch mögliche wetterbedingte Unterbrechungen kompensieren zu können, wurde auf Grundlage des §10 Abs. 1 Nr. 15 des Arbeitszeitgesetzes am 10.11., 17.11., 24.11., 08.12., 15.12.2019 sowie am 12.01., 19.01., 26.01., 02.02., 09.02., 16.02. und 23.02.2020 auch sonntags gearbeitet.

Die seismischen Feldarbeiten konnten bereits Ende Februar 2020 vorfristig abgeschlossen werden. Die letzte vibroseismische Anregung fand am 15.02.2020 und die letzte sprengseismische Anregung fand am 20.02.2020 statt. Bis Ende Februar 2020 wurden alle Registriereinheiten eingesammelt und im Anschluss bis Ende März 2020 die Messdaten ausgelesen, aufbereitet (d. h. Zuordnung der Messgeometrie, Ausschneiden der Registrierungen aus dem aufgezeichneten Datenstrom, Korrelation der vibroseismischen Daten, Speicherung) und bei GT einer Qualitätskontrolle unterzogen. Mitte April 2020, mit Lieferung der ersten Kopie am 14.04.2020 und zweier weiterer Kopien am 20.04. und 23.04.2020, wurden die Messdaten im Format SEG-D auf LTO-8-Bändern von GT an BGE übergeben (Tabelle 20).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Tabelle 1: Zeitlicher Ablauf der seismischen Messkampagne

Zeitplan 3D-Seismik Asse	Monat	Oktober						November				Dezember				Januar					Februar				März					April			
	Kalenderwoche	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Technisches Audit Teil 1	25.09. - 26.09.2019																																
Vermessung	27.09.2019 - 26.02.2020																																
Nahlinienmessung (LVL)	27.09. - 15.12.2019																																
Prüfung auf Kampfmittelfreiheit (UXO)	30.09. - 18.12.2019																																
Parametertest für Sprengseismik	04.10.2019																																
Bohren für Sprengseismik	07.10. - 16.12.2019																																
Mobilisierung von Vibratoren und Registriereinheiten	03.01. - 14.01.2020																																
Technisches Audit Teil 2	07.01. - 10.01.2020																																
VSP-Messungen	08.01. - 12.01.2020																																
Parametertest für Vibratoren	13.01.2020																																
Seismische Messung (Vibro- und Sprengseismik)	17.01.- 20.02.2020																																
Rekultivierung von Bohrlöchern	13.02.- 03.03.2020																																
Registriereinheiten aufnehmen	21.03.- 27.03.2020																																
Datenaufbereitung und Qualitätskontrolle	28.02. - 31.03.2020																																
Datenübergabe an BGE (LTO-Bänder)	09. - 20.04.02020																																

4 Messtrupp

Die Aufgabenverteilung und die jeweiligen Verantwortlichkeiten des Messtrupps sind in Abbildung 2 dargestellt. In Tabelle 2 ist das Personal der von BGE beauftragten Fremdbauüberwachung aufgeführt. Während der Durchführung der 3D-Seismik im Januar/Februar 2020 waren [redacted] und [redacted] durchgängig beim Messtrupp vor Ort. Bei den vorbereitenden Arbeiten von Oktober bis Dezember 2019 sowie den nachbereitenden Arbeiten im März 2020 war im wöchentlichen Wechsel jeweils eine Person der Fremdbauüberwachung präsent.
Das Schlüsselpersonal des Messtrupps DE-24 von GT ist in Tabelle 3 aufgelistet. Auch hier fand in unregelmäßigen Abstand eine Ablösung der einzelnen Mitarbeiter statt.
Die wesentliche technische Ausstattung des Messtrupps und die eingesetzte Software ist in der Tabelle 21 und Tabelle 23 in Kapitel 16.2 aufgeführt.

Tabelle 2: Personal der Fremdbauüberwachung

Nr.	Position	Name	Firma
1	Fremdbauüberwachung	[redacted]	GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
2	Fremdbauüberwachung		VibroSeitz Consulting
3	Fremdbauüberwachung		VibroSeitz Consulting
4	Fremdbauüberwachung		GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

Tabelle 3: Schlüsselpersonal des Messtrupps DE-24 von GT

Nr.	Position	Name
1	Truppleiter (PL)	[redacted]
2	Truppleiter (D)	
3	Feldleiter (PL)	
4	Chef-Vermesser	
5	Observer, Messwagen	
6	Geophysiker	
7	Datenaufbereitung	
8	Elektronik-Ingenieur	
9	GIS-Spezialist	
10	Leiter Geophonauslage	
11	Büroleiter	
12	HSE Berater	
13	Leiter Erschütterungsmessung	
14	Bohrleiter	
15	Fuhrparkleiter	
	SIS Musfeld	
16	Feldleiter (D)	
	IPS Permitting	
17	Leiter Permit	

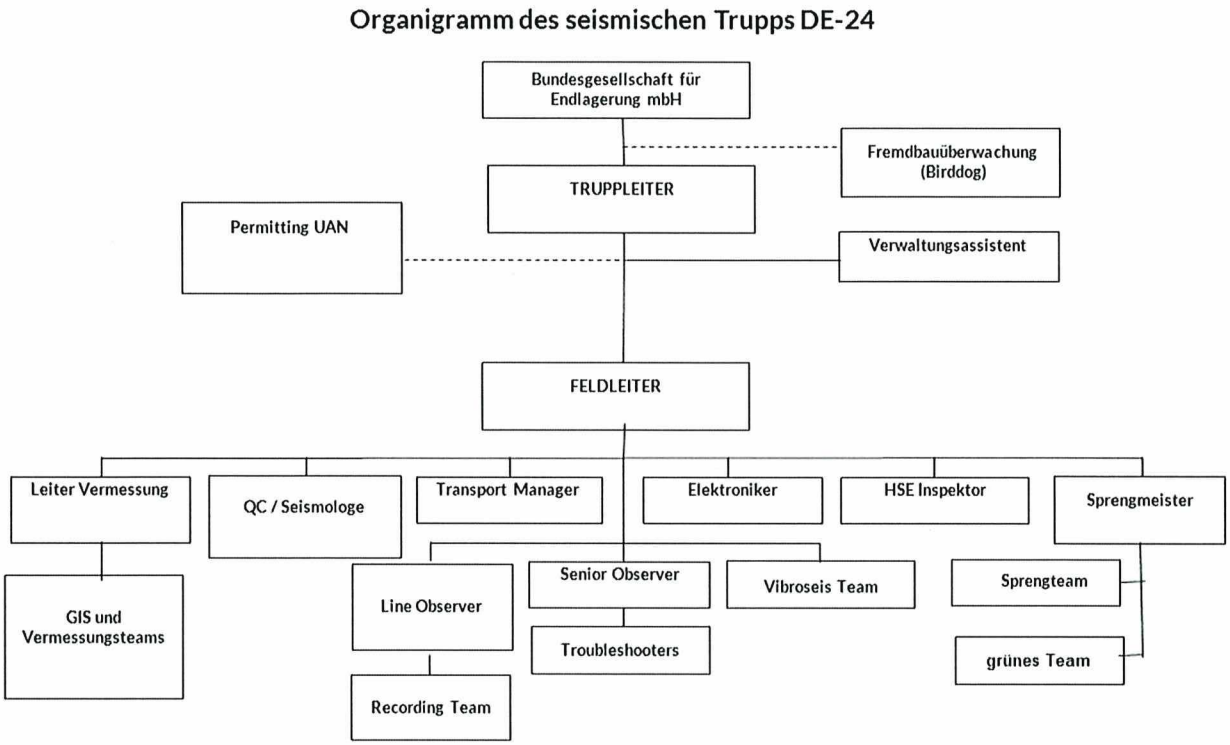


Abbildung 2: Organigramm des Messtrupps

5 Sicherheit, Gesundheit und Umwelt (SGU) / Health, Safety and Environment (HSE)

Detaillierte Informationen und Statistiken zu den HSE-relevanten Themen der „3D-Seismik Asse" sind in einem „Final HSE Report" dokumentiert (s. Anlage 5). In diesem Kapitel wird daher im Folgenden ein zusammenfassender Überblick gegeben.
Die wichtigsten HSE-Ziele für das Projekt waren:

- Minimierung der Anzahl der HSE-relevanten Zwischenfälle während der seismischen Messkampagne
- Minimierung der Umweltbelastung, insbesondere Minimierung der Emission von Schadstoffen
- Keine Störung umweltsensibler Gebiete
- Effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen
- Gute Beziehungen zu den Anwohnern im Messgebiet
- Erhöhung des HSE-Bewusstseins unter den Beschäftigten des seismischen Messtrupps
- Einhaltung aller anwendbaren Bestimmungen des polnischen und des deutschen Rechts sowie der vertraglichen Anforderungen

Folgende Maßnahmen sind zur Erreichung dieser Ziele während der seismischen Messkampagne hervorzuheben:

- Bereitstellung von HSE geschultem Personal (GT-interner HSE Berater, Ersthelfer).
- Bereitstellung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung für das gesamte Personal des Messtrupps.
- Implementierung einer HSE-Leistungsüberwachung zur kontinuierlichen Verbesserung.
- HSE-relevante Einweisung aller Mitarbeiter und Besucher des Messtrupps.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

- Regelmäßige Treffen für die Beschäftigten des Messtrupps zu projektbezogenen Fragen und Sicherheitsaspekten (u. a. 23 HSE-Meetings, 714 Toolbox-Meetings).
- Regelmäßige Sicherheits-Übungen (4 Medevac-Übungen, 1 Feueralarm-Übung, 7 Tests der Kommunikationskette).
- Regelmäßige Arbeitssicherheitstrainings (37 Einführungstrainings, 32 Wiederholungstrainings, 39 Trainings on-the-job).
- Regelmäßige interne Inspektionen und Audits einzelner Arbeitsgruppen durch den HSE-Berater (145 Inspektionen und Audits).
- Tägliche Fahrzeug-Überprüfungen durch die Fahrer (6.475 Fahrzeug-Checks).
- Einbeziehung aller Nachunternehmer in das HSE-System von GT.
- Die Anlage aller Anregungspunkte erfolgte in enger Abstimmung mit der ökologischen Baubegleitung (Firma Schmal+Ratzbor), so dass der Eingriff in die Natur minimiert wurde [5] [6].

In diesem Projekt wurden besondere Maßnahmen notwendig und unverzüglich umgesetzt:

- Desinfektion aller Fahrzeuge zur Prävention gegen die Afrikanische Schweinepest.
- Erhöhter Einsatz von Fahrzeugen und Personal zur Reinigung der lokalen Straßen (2 Traktoren mit Reinigungsbürsten, 1 Wasserfahrzeug), Beauftragung einer professionellen Reinigungsfirma (2 Einsätze), Ausstattung aller Fahrzeuge mit Besen und Schaufel, Implementierung einer Meldekette bei auftretender Straßenverschmutzung, temporäre Sperrung einzelner Wege zur Vermeidung der Straßenverschmutzung.

Zusammenfassend lässt sich folgendes festhalten:

- Die Sicherheit hatte für die Truppleitung, das HSE-Personal und BGE von Anfang an höchste Priorität.
- Die täglichen Treffen zur Arbeitssicherheit und zu Umweltaspekten (Toolbox-Meetings) sowie die Trainings und Übungen hatten einen positiven Einfluss auf das Sicherheitsbewusstsein der Beschäftigten.
- Das Recht, die Arbeit jederzeit abzubrechen, wenn sie nicht sicher war, wurde immer wieder betont.
- Das Einweisen der Fahrzeuge beim Rückwärtsfahren und die Ausstattung mit Rückfahrkameras trug zur Schaffung eines sicheren Arbeitsplatzes und zur Vermeidung von Zwischenfällen beim Rückwärtsfahren bei. Innerhalb der Außenflächen des Truppbüros wurde ein Einbahnsystem eingeführt.
- Dank des engagierten Einsatzes des gesamten beteiligten Personals konnten alle Arbeiten sicher abgeschlossen werden.
- Alle gemeldeten Auffälligkeiten, die die Sicherheit beinträchtigen könnte, wurden sofort beseitigt.
- Die meisten HSE-Leistungsindikatoren wurden erfüllt (Tabelle 4)

Insgesamt konnte das Projekt ohne Personen-, Umwelt- und Sachschäden abgeschlossen werden, was bei insgesamt 328.975 gefahrenen Kilometern und im Durchschnitt über 100 Beschäftigten incl. Nachunternehmer (Tabelle 5) ein ausgezeichnetes Ergebnis ist.

Tabelle 4: HSE-Leistungsindikatoren

	Zielvorgabe	**im Projekt erreicht**
HSE-Melderate von unsicheren Handlungen, unsicheren Bedingungen und positiven Beobachtungen (Anzahl der Meldungen pro Arbeitstag)	2,00	2,25
Toolbox-Meetings-Rate (Anzahl der Toolbox-Meetings pro Arbeitstag)	5,00	4,38
HSE-Inspektionsrate (Anzahl der Inspektionen pro Arbeitstag)	0,71	0,89
Rate der Notfallübungen	0,066	0,07
Unfall mit Ausfallzeit (Anzahl der Unfälle pro 1 Million Arbeitsstunden)	0,00	0,00
Unfallhäufigkeit (Anzahl der meldepflichtigen Arbeitsunfälle pro 1 Million Arbeitsstunden)	0,00	0,00
Häufigkeit von Verkehrsunfällen (Anzahl der Verkehrsunfälle pro 1 Million gefahrener Kilometer)	0,00	0,00
Häufigkeit von Umweltschäden (Anzahl der Umweltschäden pro 1 Million Arbeitsstunden)	0,00	0,00

Tabelle 5: Anzahl des während der seismischen Messkampagne beschäftigten Personals

2019/2020						
September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März
23	99	115	100	115	123	15

6 Vermessung

Die quantitativen und qualitativen Details der Vermessungsarbeiten, insbesondere hinsichtlich ihrer Durchführung, des Koordinatensystems und der geodätischen Parameter, der Test der Vermessungsgeräte und deren Kalibrierung sowie des geodätischen Netzwerks und der Referenzstationen sind ausführlich in einem Endbericht dargestellt. In diesem Kapitel wird daher im Folgenden nur ein zusammenfassender Überblick über die Vermessungsarbeiten gegeben.

Das Messgebiet der „3D-Seismik Asse“ ist im Zentrum durch den markanten Höhenzug der Asse geprägt, der teilweise abrupte Höhenänderungen aufweist. Von diesem Höhenzug ausgehend fällt das Gelände zunächst steil dann immer flacher werdend nach Südwesten und Nordosten ein. Die Höhen im Messgebiet liegen zwischen von 85 m bis 233 m ü. NN, wobei sich die höchsten Erhebungen in der Nähe der Schachtanlage Asse II und die tiefsten Senken entlang der Altenau befinden. Das Digitale Geländemodell (DGM) und eine topografische Übersichtskarte des Messgebiets sind in Abbildung 3 und Abbildung 4 (Kartenhintergrund DTK24, ©GeoBasis-DE/BKG2018) dargestellt.

Das Messgebiet ist im Wesentlichen von landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie dem Wald auf dem Höhenzug der Asse geprägt, der ungefähr 16 % der gesamten Messfläche ausmacht. Für die Einmessung der Anregungs- und Empfangspunkte innerhalb des dichten und schwer zugänglichen Gebiets im Asse-Wald kamen zwei inertiale Navigationssysteme des Herstellers ZUPT (B-PINS) zum Einsatz. Die Anregungs- und Empfangspunkte außerhalb des Asse-Waldes wurden per GPS im Real-Time-Kinematic (RTK) Modus eingemessen, wobei sich die Basisstation für die GPS-RTK-Vermessung am Gebäude des Truppbüros in Wittmar befand. Darüber hinaus stand ein Digitales Geländemodell (DGM) mit einer Gitterweite von 1 m und einer Höhengenauigkeit von ±0,2 m zur Verfügung.

Die Vermessungsarbeiten erfolgten im Gauß-Krüger-Koordinatensystem mit Bessel 1841 als Referenzellipsoid und wurden in das UTM-Koordinatensystem mit WGS84 als Referenzellipsoid transformiert.

Für die x-, y-Koordinaten der einzelnen Messpunkte waren Genauigkeiten von ±0,5 m und für die Höhe eine Genauigkeit von ±0,25 m einzuhalten. Die Genauigkeit und die Vergleichbarkeit der Geräte wurden an einem Kontrollpunkt in unmittelbarer Nähe des Truppbüros sowie mit dem topografischen Festpunktnetz der BGE im Messgebiet kontrolliert. Dabei wurde eine mittlere Lagegenauigkeit (Varianz) von 0,04 m (Ostwert), 0,03 m (Nordwert) und 0,07 m (Höhe) ermittelt.

Alle eingemessenen Empfangspunkte und die im Asse-Wald eingemessenen Anregungspunkte wurden mit Holzpflöcken abgesteckt, mit der entsprechenden Stationsnummer eindeutig beschriftet und farblich gekennzeichnet (gelb für Empfangspunkte, rot für Anregungspunkte). Anregungspunkte auf befestigten Straßen innerhalb und außerhalb von Ortschaften wurden mit roter Sprühfarbe markiert. Die auf Feldern eingemessenen Anregungspunkte wurden nicht markiert, sondern direkt für das Navigationssystem der Vibrofahrzeuge aufbereitet.

Die Einmessung der Anregungs- und Empfangspunkte begann in Absprache mit der Forstbehörde am 27.09.2019 im Asse-Wald und hatte während des gesamten Projektablaufs jederzeit einen ausreichenden Vorlauf vor den nachfolgenden Aktivitäten (z. B. Kampfmittelprüfung, Bohrungen, Aufbau der Registriereinheiten). Etwa 80 % der Empfangspunkte und 90 % der Anregungspunkte wurden bis Dezember 2019 abgesteckt, wobei bis zu vier Vermesser-Crews gleichzeitig im Einsatz waren. Nach der Unterbrechung über die Weihnachtszeit und den Jahreswechsel war nur noch der Einsatz einer Vermesser-Crew für das Einmessen von Anregungs- und Empfangspunkten in Ortschaften, von kurzfristig verlegten Punkten sowie das Nachmessen einzelner Anregungspunkte zur Qualitätskontrolle erforderlich. Die Einmessung der Empfangspunkte in den Ortschaften erfolgte gleichzeitig mit der Auslage der Registriereinheiten in Begleitung eines Permitters. Abbildung 5 zeigt die Anzahl der täglich eingemessenen Anregungs- und Empfangspunkte.

Von den nominell 46.130 Empfangspunkten konnten 44.677 (entspricht 96,9 %) eingemessen werden. 1.453 Empfangspunkte fielen aufgrund von Flächen ohne Betretungsgenehmigungen weg. Von den nominell 40.860 Anregungspunkten konnten 36.932 (entspricht 90,4 %) eingemessen werden. Im Umfeld von Gebäuden, Wasser- und Gasleitungen, Bohrungen, Grundwassermessstellen und Gewässern waren für die Anregungspunkte Sicherheitsabstände einzuhalten, so dass einige Anregungspunkte verlegt werden mussten oder, wenn eine Verlegung nicht möglich war, wegfielen. Die Flächen ohne Betretungsgenehmigungen waren meist so groß, dass eine Verlegung

der Anregungspunkte nicht sinnvoll war (Anhang 1). Damit die Punkte in Flächen ohne Betretungsgenehmigungen nicht alle wegfielen, wurde im Vergleich zur ursprünglichen Planung in Absprache mit BGE die Zone A (Verdichtungsfläche) um drei Anregungspunktlinien nach Osten erweitert und auch die entsprechenden Empfangspunktlinien verlängert. Dadurch kann sich auch die Erkundung des oberflächennahen Bereichs in diesem zentralen östlichen Teil des Messgebietes, in dem der künftige Schacht 5 von BGE geplant ist, verbessern. Trotzdem fielen unter Berücksichtigung der hinzukommenden Punkte der Erweiterung der Verdichtungsfläche insgesamt 3.928 Anregungspunkte aufgrund der oben genannten Gründe bei der Einmessung weg.

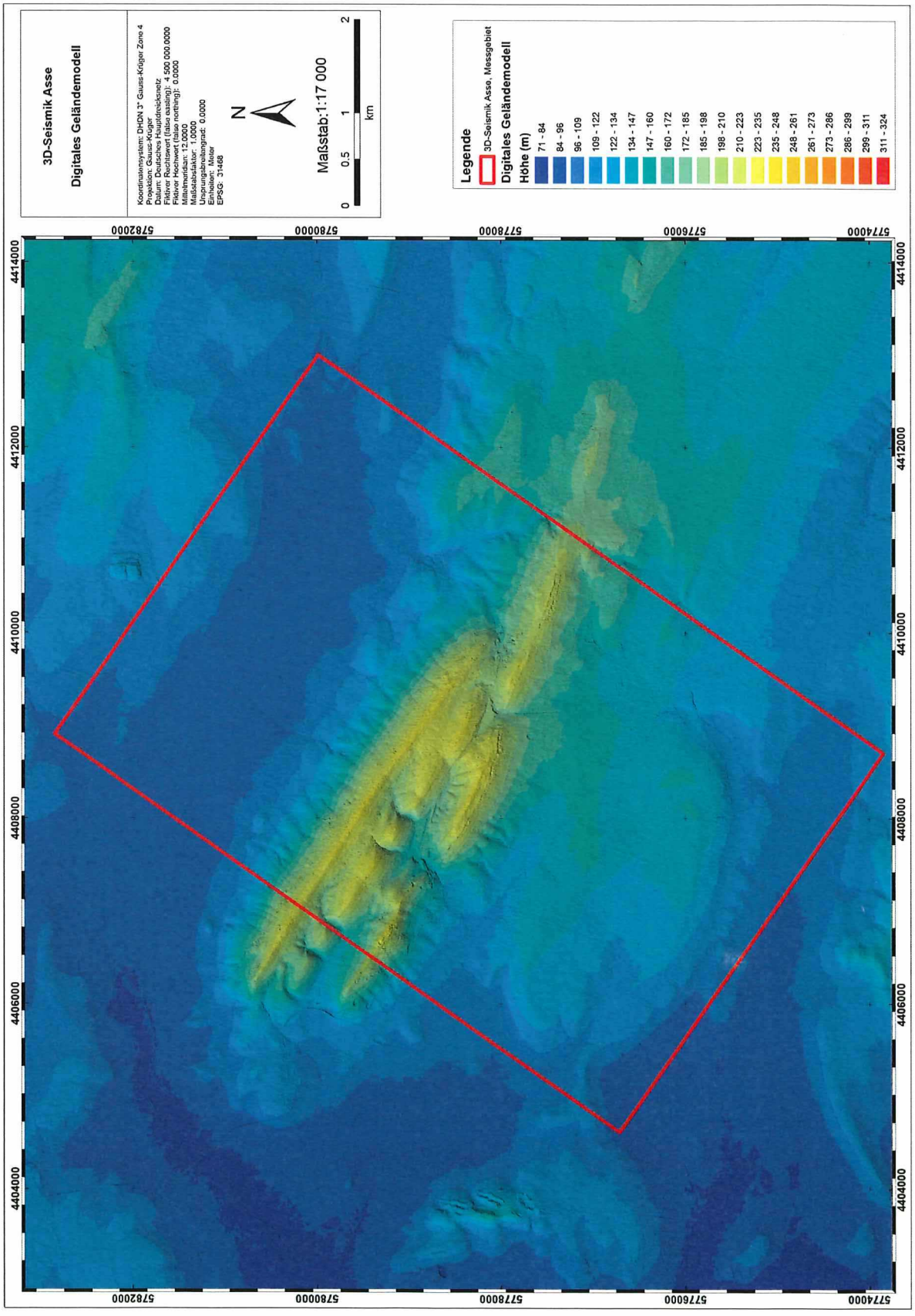


Abbildung 3: Digitales Geländemodell in Farbskala mit Messgebiet (rote Umrandung)

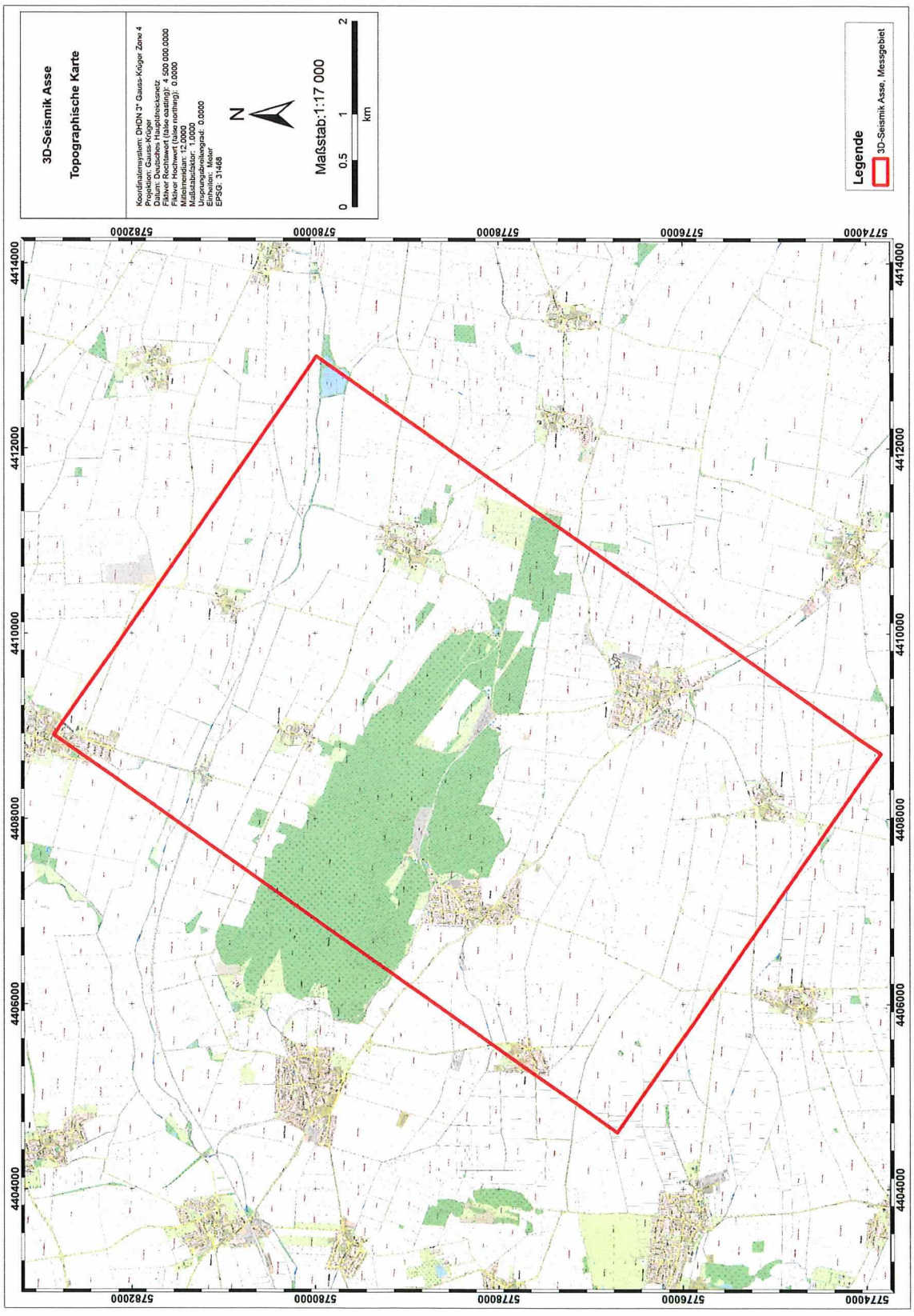


Abbildung 4: Topografische Übersichtskarte mit Messgebiet (rote Umrandung)

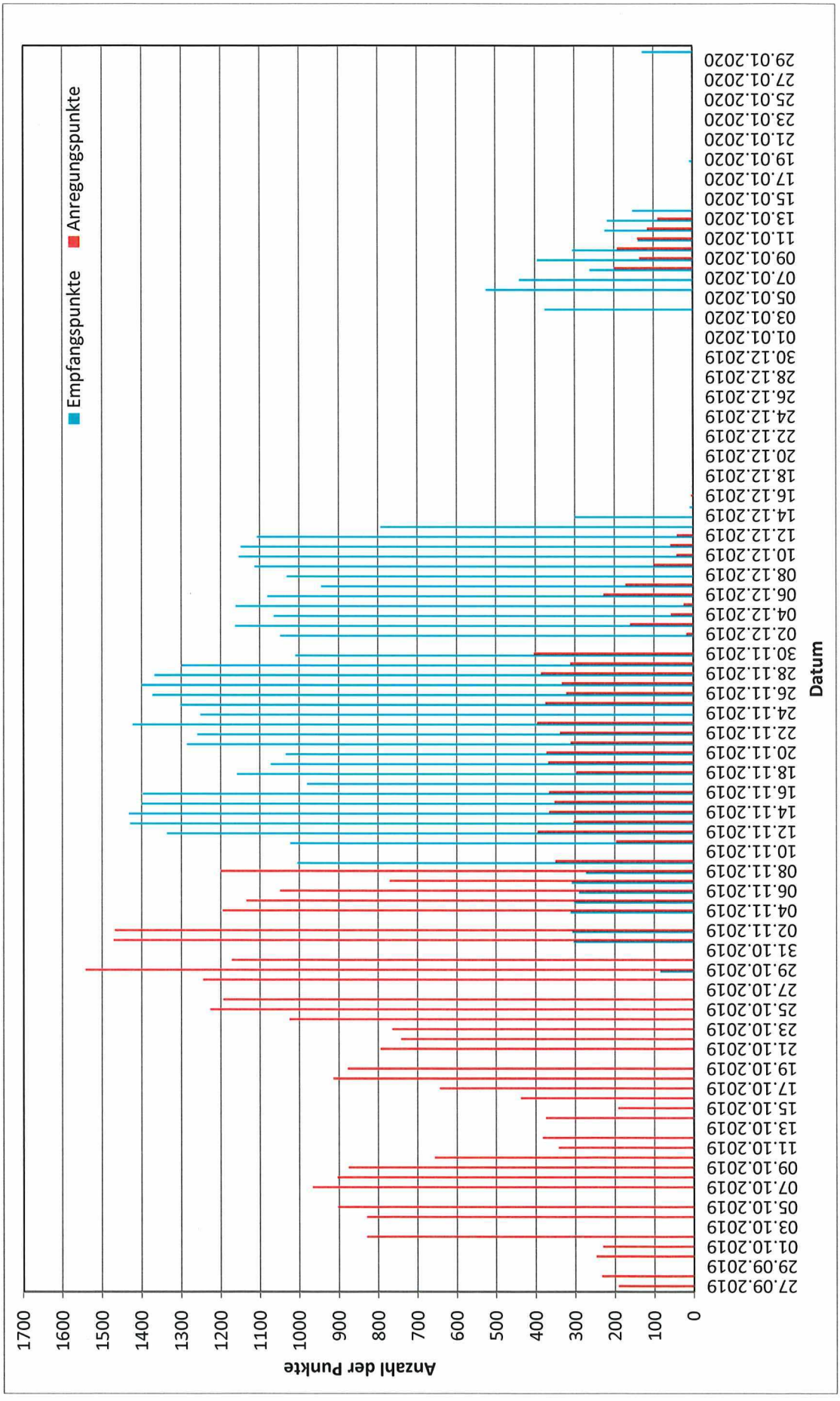


Abbildung 5: Anzahl der täglich eingemessenen Anregungs- und Empfangspunkte

7 Prüfung der Kampfmittelfreiheit

Als Spätfolge des Zweiten Weltkriegs war nicht auszuschließen, dass im Untersuchungsgebiet Kampfmittel gefunden werden. Aufgrund des engen seismischen Messrasters hätten diese eine Gefahr für Personal und Geräte darstellen können. Bereits im Jahre 2018 wurde eine historische Kampfmittelvorerkundung durch die Firma Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH im Auftrag der BGE durchgeführt und eine potentielle Kampfmittelbelastung (Bombenblindgänger aus dem 2. Weltkrieg) im seismischen Messgebiet ermittelt. Nach dieser historischen Kampfmittelvorerkundung war davon auszugehen, dass auf rund sechs Prozent der Fläche des Untersuchungsgebiets Kampfmittelaltlasten möglicherweise zu erwarten sind [4]. Daher wurde in der Zulassung des Sonderbetriebsplans durch die Aufsichtsbehörde (LBEG) festgelegt, dass für alle Bohrpunkte vor Beginn der Bohrarbeiten die Kampfmittelfreiheit zu belegen ist. Im Bereich der Verdachtsflächen auf Kampfmittelaltlasten galt dies auch für die vibroseismischen Anregungspunkte.
Die Prüfung der Kampfmittelfreiheit im Messgebiet der 3D-Seismik erfolgte vom 30.09.2020 bis zum 18.12.2019 mit bis zu 5 Sondier-Teams durch die Firma SafeLane Global GmbH als Nachunternehmer von GT. Folgende Leistungen wurden von SafeLane im Rahmen der Prüfung der Kampfmittelfreiheit erbracht:

- Vorbereitende Arbeiten: Anmeldung der Kampfmittelräumstelle bei den zuständigen Behörden: Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN) (Kampfmittelbeseitigungsdienst), Ordnungsamt des Landkreises Wolfenbüttel, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Braunschweig, Rettungsleitstelle des Landkreises.
- Mobilisierung/Demobilisierung des Messtrupps.
- Technische Erkundung/Sondierung aller Bohrpunkte sowie auf ausgewählten Anregungspunkttrassen.
- Freigabe der sondierten Anregungspunkte: freigegebene Bohrpunkte wurden mit einer grünen Markierung am Pflock gekennzeichnet. Freigegebene Einzelverdachtsflächen wurden an ihren Eckpunkten ebenfalls mit einem grün markierten Pflock gekennzeichnet.
- Dokumentation der Sondierungsergebnisse.

Die technische Erkundung/Sondierung erfolgte mittels geomagnetischer Messungen (Magnetometer Sensys SBL10). Die Untersuchung der Bohrpunkte als auch der Einzelverdachtsflächen erfolgte durch eine Oberflächensondierung ohne erdeingreifende Maßnahmen. Sondiert wurden alle Bohransatzpunkte sowie in größeren zusammenhängende Einzelverdachtsflächen liegende vibroseismische Anregungspunkte (Anhang 2). Kleinere, nicht zusammenhängende Einzelverdachtsflächen auf Feldern wurden nicht untersucht, sondern die vibroseismischen Anregungspunkte verlegt.
Bei der Sondierung der Sprengpunkte wurde arbeitstäglich eine Liste der sondierten Sprengpunkte mittels Excel-Tabelle an die BGE übergeben. Im Falle der Sondierung von Einzelverdachtsflächen wurden die Sondierungsergebnisse für die jeweils abgeschlossenen Einzelverdachtsflächen in den nachfolgenden Arbeitstagen nach vollständigem Abschluss der jeweiligen Fläche dokumentiert, ausgewertet und an die BGE weitergeleitet. Die Durchführung der Sondierungsarbeiten erfolgte entsprechend der Anforderungen der DGUV I 201-027 [1] und der „Baufachlichen Richtlinien Kampfmittelräumung“ [2]. Insgesamt wurden 6.599 Bohransatzpunkte und 116.185 m^2 der Einzelverdachtsflächen auf Kampfmittelfreiheit geprüft.

8 Bohren und Laden

In den für Vibrationsfahrzeuge nicht zugänglichen Waldgebieten wurden Sprengladungen in flachen Bohrungen zur Energieanregung eingesetzt. Insgesamt wurden für die Sprengseismik 6.426 Bohrungen im Trockenbohrverfahren (DTH, Down-To-Hole) abgeteuft. Aufgrund des dichten Netzes von Rückegassen im Asse-Wald konnten 3.616 Bohrungen der 6.426 abgeteuften Bohrungen für die sprengseismischen Anregungspunkte mit einem auf einem Traktor New Holland TD5.105 montierten Bohrgerät PAT 301 (PAT) (Abbildung 6) gebohrt werden. 2.810 Bohrungen lagen abseits von Wegen oder Rückegassen „querfeldein" im Asse-Wald und wurden mit einem tragbaren Bohrgerät EMCI Explo 220MPR (EMCI) (Abbildung 7) abgeteuft.
Die Bohrmannschaft für das PAT-Bohrgerät bestand aus

- 1 Bohrer
- 1 Bohrassistent
- 1 Fahrer
- 1 Bediener für Kompressor

Die Bohrmannschaft für das EMCI-Bohrgerät bestand aus:

- 1 Bohrer
- 2 Bohrhelfern
- 1 Fahrer
- 1 Bediener für Kompressor

Die Bohrarbeiten für das Projekt wurden von GT durchgeführt und von Mirosław Szostak und Bronisław Bogucki beaufsichtigt.
Die Bohrkampagne begann am 07.10.2019 im Westen des Asse-Waldes mit dem gleichzeitigen Einsatz von 8 PAT- und 9 EMCI-Bohrgeräten. Ab dem 19.11.2019 wurde die Anzahl der eingesetzten EMCI-Bohrgeräte sukzessive von 9 auf 11 erhöht und die Anzahl der PAT-Bohrgeräte von 8 auf 6 reduziert.
Bedingt durch die Mobilität des Traktors betrug über die gesamte Bohrzeit von 63 Tagen die Leistung der PAT-Bohrgeräte im Schnitt 8,3 Bohrungen pro Tag und pro Bohrgerät. Die EMCI-Bohrgeräte mussten demontiert zu jedem Bohrpunkt getragen und dort wiederaufgebaut werden (Dauer: abhängig von den Geländebedingungen 30 – 40 Minuten), was in einer im Vergleich geringeren Leistung von 4,7 Bohrungen pro Tag und pro Bohrgerät resultierte. Für den Betrieb beider Bohrgeräte war die Verbindung zu einem Kompressor notwendig, der den Luftdruck zum Ausblasen des Bohrkleins bereitstellte. An einem Kompressor, der meist auf einem Waldweg platziert wurde, konnten bis zu zwei Bohrgeräte über Luftschläuche angeschlossen werden. Für alle Bohrungen wurde während des Bohrvorgangs anhand des ausgeblasenen Bohrkleins das angetroffene Material in einem Bohrprotokoll notiert (Anlage 1). Nach dem Abteufen der Bohrungen wurden diese mit einem Kunststoffrohr verrohrt, um bis zum später folgenden Ladevorgang ein Zufallen zu verhindern.
Aufgrund des stellenweise sehr steilen und dicht bewachsenen Geländes im Asse-Wald, stellte sich die Erreichbarkeit einzelner Bohrpunkte oft als schwierig dar. Die geologischen Bedingungen waren sehr unterschiedlich und wechselten, aufgrund der Richtung der Bohrtrassen ungefähr senkrecht zum Streichen des Höhenzugs der Asse, sehr häufig, was bei der Auswahl der geeigneten Bohrwerkzeuge zu berücksichtigen war. Einzelne Bohrlöcher waren relativ instabil, was ein Nachbohren erforderlich machte, und Schwierigkeiten beim Einbringen der Verrohrung bereitete.
Die Bohrkampagne wurde am 16.12.2019 termingerecht vor Weihnachten 2019 abgeschlossen. Die erzielten Bohrtiefen lagen zwischen 4,5 m und 15 m (Tabelle 6). Im Schnitt wurde für die Einzelbohrungen der Sprengseismik eine Bohrtiefe von 8,43 m erzielt.

Tabelle 6: Verteilung der Bohrtiefen

Anzahl der Bohrungen	Bohrtiefen	Proz. Anteil an Gesamtmenge
18	4,5 bis < 6 m	0,28 %
5648	6 – 9 m	88,75 %
686	> 9 m – 12 m	10,78 %
12	> 12 m – 15 m	0,19 %

Von den 6.426 abgeteuften Bohrungen konnten 6.364 Bohrungen mit Ladungsmengen zwischen 220 g und 1.455 g geladen, mit Bentonit verfüllt, und gezündet werden (s. auch Kapitel 14.7). 62 Bohrungen wurden nicht geladen, da sie keine Standfestigkeit aufwiesen und wieder zufielen, weil Wasser austrat und sie wieder verfüllt wurden oder weil sie vor dem Ladevorgang verlegt und noch einmal gebohrt werden mussten bzw. wegfielen.

Das Laden der Bohrungen erfolgte im Zeitraum vom 08.01.2020 bis zum 13.02.2020 an insgesamt 32 Tagen, wobei in Abfolge mit dem Zünden der Ladungen berücksichtigt wurde, dass die Vorladezeit entsprechend der Zulassung zum Sonderbetriebsplans maximal 21 Tage betragen durfte. Im Schnitt wurden 199,9 Bohrungen pro Tag von insgesamt 4 Teams geladen.

Zur temporären Lagerung von Zündern und den Sprengladungen waren im Messgebiet zwei Bunker positioniert. Der Ladevorgang erfolgte durch die Verrohrung. Nach Positionierung der Ladung wurde der elektrische Widerstand der Zünder mit einem Ohmmeter geprüft, anschließend die Verrohrung gezogen, das Bohrloch mit Bentonit verfüllt und gewässert, um das Quellen des Bentonit und die Abdichtung des Bohrlochs sicherzustellen. Abschließend wurde das Loch mit einer Holzplatte abgedeckt und mit Erde bedeckt.

Vor Verwendung des Bentonits wurden am 01.10.2019, 18.10.2019, 24.10.2019 und am 18.11.2019 einzelne Proben aus den Bentonit-Lieferungen entnommen und die Quellfähigkeit in einem 24-stündigen Test untersucht. In allen Fällen wurde die Quellfähigkeit bestätigt.

Nach Abschluss der seismischen Messungen wurden alle Sprengpunkte von den Bohrteams rekultiviert. D. h. die Bohrungen wurden mit Umgebungsmaterial verschlossen und Markierungen (Holzpflöcke, Flatterbänder) entfernt. Ebenso wurden eventuell vorhandene Reste von Verrohrungen oder Verpackungen des Bentonits sowie sichtbare Zünddrähte entfernt.

Abbildung 6: Auf einem Traktor montiertes Bohrgerät PAT 301 (PAT)

Abbildung 7: Tragbares Bohrgerät EMCI Explo 220MPR

9 VSP

Die Durchführung der VSP-Messungen ist in einem separaten Bericht beschrieben (s. Anlage 4), so dass in diesem Kapitel nur ein zusammenfassender Überblick über die VSP-Messungen gegeben wird.

VSP-Messungen (Vertical Seismic Profiling) basieren darauf, dass an der Erdoberfläche angeregte seismische Wellen in einem Bohrloch in verschiedenen Tiefen registriert werden.

In den vier Bohrungen R5 (GW-018), R7 (GW-020), R8 (GW-021) und PN-2 (GW-023) wurden vom 08.01. bis 12.01.2020, vor Beginn der 3D-Seismik, VSP-Messungen mit vibroseismischer Anregung an der Erdoberfläche durchgeführt (zur Lage der der Bohrungen und Anregungspunkte siehe (Anhang 1). Die Ergebnisse der VSP-Messungen sollen bei der späteren Datenbearbeitung bzw. bei der Zeit-Tiefen-Konversion der 3D-Seismik eine zuverlässige Kalibrierung der zur Tiefenwandlung verwendbaren Processing-Geschwindigkeiten sowie ein präzisere Zuordnung der geologischen Horizonte zu den seismischen Reflexionen ermöglichen.

Das für die Messungen im Bohrloch verwendete Tool des Herstellers GeoVista Ltd. weist einen Durchmesser von 64 mm auf und wiegt 15 kg bei einer Gesamtlänge von 1,69 m. Es besteht aus drei Geophonen (SM24 mit 10 Hz Eigenfrequenz), die orthogonal zueinander angeordnet sind (Horizontalkomponenten x, y und Vertikalkomponente z). Die Geophoneinheit wird über einen motorisierten Arm mechanisch an die Bohrlochwandung angedrückt. Um auch azimut- und offsetabhängige Geschwindigkeitsänderungen zu erfassen wurde an jeder Bohrung von drei verschiedenen Standorten aus angeregt. Die Messparameter der VSP-Messungen und die Messanordnung für die jeweiligen Bohrungen sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 7: Messparameter der VSP-Messungen

Vibratortyp	HEMI 50
Kraft (in Relation zur Maximalkraft)	80%
Anzahl der Anregungspunkte pro Bohrung	3
Anzahl der Vibratoren pro Anregungsunkt	1
Anzahl der Sweeps pro Tiefenlevel	1
Sweep-Länge	12 s
Sweep-Frequenz	10 – 120 Hz, linear
Taper-Länge	250 ms
Sample-Rate	1 ms
Aufzeichnungsdauer	2 s
Messpunktabstand in Bohrung	10 m

Tabelle 8: Gemessener Tiefenbereich in den einzelnen Bohrungen sowie Abstand der Anregungspunkte zum Bohrloch

	R5 (GW-018)	**R7 (GW-020)**	**R8 (GW-021)**	**PN-2 (GW-023)**
Tiefenbereich	660 m – 100 m	550 m – 100 m	639 m – 100 m	230 m – 100 m
Anregungspunkte				
Abstand 1	51 m	45 m	40 m	35 m
Abstand 2	306 m	430 m	293 m	405 m
Abstand 3	505 m	181 m	369 m	441 m

In der Bohrung R8 konnte die ursprünglich geplante Messteufe von 648 m nicht erreicht werden, da die Messsonde bei 640 m auf einen Widerstand traf. In einigen wenigen Messteufen waren außerdem amplitudenstarke, monofrequente Schwingungen zu erkennen, die auf eine nicht mehr intakte Zementierung hinweisen können. Zu Kontrollzwecken wurden einzelne Messteufen wiederholt gemessen. Die Ergebnisse einzelner Mehrfachmessungen wurden gestapelt, um ggf. eine Signalverbesserung zu erzielen. In allen Fällen ergab sich im Vergleich zur ersten Registrierung allerdings keine signifikante Verbesserung des Signal-Noise-Verhältnisses oder eine Veränderung der Signalform. Die Ersteinsätze der direkt gelaufenen P-Welle lassen sich überwiegend gut bestimmen.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

10 Nahlinienmessungen

Die Durchführung und Ergebnisse der Nahlinienmessungen sind in einem separaten Bericht dargestellt, so dass in diesem Kapitel nur ein zusammenfassender Überblick über die Nahlinienmessungen gegeben wird.
Bei den Nahlinienmessungen handelt es sich um refraktionsseismische Messungen, die hier nach der Generalized Reciprocal Methods (GRM) ausgewertet werden. Sie dienen der Erfassung der Wellenausbreitungsgeschwindigkeiten im oberflächennahen Untergrund bis in Tiefen von maximal 20 m. Aus den ermittelten Geschwindigkeiten der Nahlinien werden flächenhaft Werte für die in der seismischen Datenbearbeitung (Processing) notwendigen statischen Korrekturen an allen Anregungs- und Empfangspunkten berechnet.
Die Nahlinienmessungen wurden von GT vom 27.09. bis 28.10.2019, vom 10.11. bis 24.11.2019 sowie am 15.12.2019 mit dem folgenden Equipment durchgeführt.

- 10-kg Hammer
- Registrierapparatur Geometrics StrataVisor (48 Kanäle)
- Geophonketten mit 48 fest montierten Geophonen vom Typ SG-10 im Abstand von 2 m

Die Anregung der seismischen Wellen erfolgte für jede Nahlinie an drei Anregungspunkten: Zwei Anregungspunkte an den Enden der Geophonauslage im Abstand von jeweils 2 m zum ersten bzw. letzten Geophon sowie ein Anregungspunkt in der Mitte der Geophonauslage.
Zur gleichmäßigen Abdeckung der Messfläche der 3D-Seismik wurden insgesamt 155 Nahlinien in einem Raster von ungefähr 0,5 km x 0,5 km gemessen (zur Lage der Nahlinien siehe Anhang 1). Die Lage der Anregungspunkte und damit auch die Mittelpunkte der jeweiligen Geophonauslagen wurden durch die Vermesser von GT per RTK-GPS eingemessen.

11 Erschütterungsmessungen

Bei Anregungspunkten, die im näheren Umfeld von Gebäuden oder anderen erschütterungsempfindlichen Bauten lagen, wurden die seismischen Anregungen von Erschütterungsmessungen (PPV – Peak Particle Velocity) begleitet. Zweck der Erschütterungsmessungen, die in Anlehnung an DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen" Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen" (s. Anlage 2) durchgeführt wurden, ist, die Auswirkungen der durch die seismische Anregung (Vibroseismik und Sprengseismik) an der Erdoberfläche erzeugten Vibrationen auf Gebäude und andere Bauten zu kontrollieren. Damit sollte verhindert werden, dass der maximal zulässige Schwingungswert nach der Norm DIN 4150-3 überschritten wird [3].

Zur Durchführung der Erschütterungsmessungen waren insgesamt sechs Geräte vom Typ Instantel BLASTMATE III und sechs Personen zur Bedienung der Geräte vorhanden. Vier Messgeräte wurden im Umfeld des in Ortschaften arbeitenden Vibrofahrzeugs eingesetzt. Ein Messgerät befand sich bei dem Vibrofahrzeug, welches sich von Feldern aus Gebäuden näherte und ein weiteres Messgerät wurde zur Kontrolle der sprengseismischen Anregung verwendet.

Bei den vibroseismischen Anregungen innerhalb der Ortschaften wurde die Kraft des Vibrators generell auf 15 % der Maximalkraft reduziert und üblicherweise an den vier nächstgelegenen Gebäuden zeitgleich die Erschütterungen registriert. Bei den vibroseismischen Anregungen auf Feldern, die sich den Gebäuden einer Ortschaft nähern, wurde ab einer bestimmten Entfernung die Kraft des Vibrators von 70 % auf 50 % der Maximalkraft reduziert und an dem nächstgelegenen Gebäude zeitgleich die Erschütterungen registriert. Bei den sprengseismischen Anregungen wurde generell bei Annäherung an Gebäude die Ladungsstärke von 970 g auf 485 g oder 220 g reduziert und an ausgewählten Gebäuden (z. B. Bismarck-Turm, Asse-Burg) Erschütterungsmessungen durchgeführt.

Die einzuhaltenden Anhaltswerte der DIN 4150-03 Werte sind frequenzabhängig und liegen bei Frequenzen bis 10 Hz für empfindliche/denkmalgeschützte Gebäude bei 3 mm/s, für Wohngebäude bei 5 mm/s und für Industriegebäude bei 20 mm/s. Um auf der sicheren Seite zu sein wurde, unabhängig von der Frequenz, für alle Wohngebäude zunächst eine Schwinggeschwindigkeit von 3 mm/s eingehalten. Dies führte in Ortschaften jedoch relativ häufig zu einem Abbruch des Sweeps, ohne dass Erschütterungen von den Anwohnern oder umstehenden Personen wahrnehmbar waren und, ohne dass irgendwelche Schäden gemeldet wurden. Die Vorgabe der für Wohngebäude einzuhaltenden Schwinggeschwindigkeiten wurde daher von der Fremdbauüberwachung am 24.01.2020 auf 4 mm/s erhöht.

Insgesamt wurden an 2.562 Positionen Erschütterungsmessungen durchgeführt. Karte in Abbildung 8 zeigt alle Anregungspunkte (rot) und Lage der Erschütterungsmesspunkte bei denen bis zu 6 Erschütterungsmessgeräte eingesetzt wurden. In 109 Fällen, alle in Ortschaften bei einer auf 15 % reduzierten Kraft des Vibrators, wurde der Sweep wegen Erreichen des vorgegebenen Anhaltswerts von 3 mm/s oder 4 mm/s abgebrochen (d.h. nicht, dass auch der Anhaltswert nach DIN 4150-3 überschritten wurde). Diese Anregungspunkte wurden aufgrund der bereits reduzierten Anregungskraft an dieser Position auch nicht wiederholt.

Die Lage der Messpunkte wurde vom Feldleiter und dem Leiter der Erschütterungsmessungen während der seismischen Erfassung laufend überprüft (Abbildung 9). Für alle Messpunkte wurde ein Protokoll erstellt, das Informationen zum Bauwerk, zur Lage der Messpunkte und die Maximalwerte der gemessenen Schwinggeschwindigkeiten enthält (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30, Kap. 16. 4). Die Protokolle und die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen wurden archiviert und an BGE übergeben (Tabelle 20).

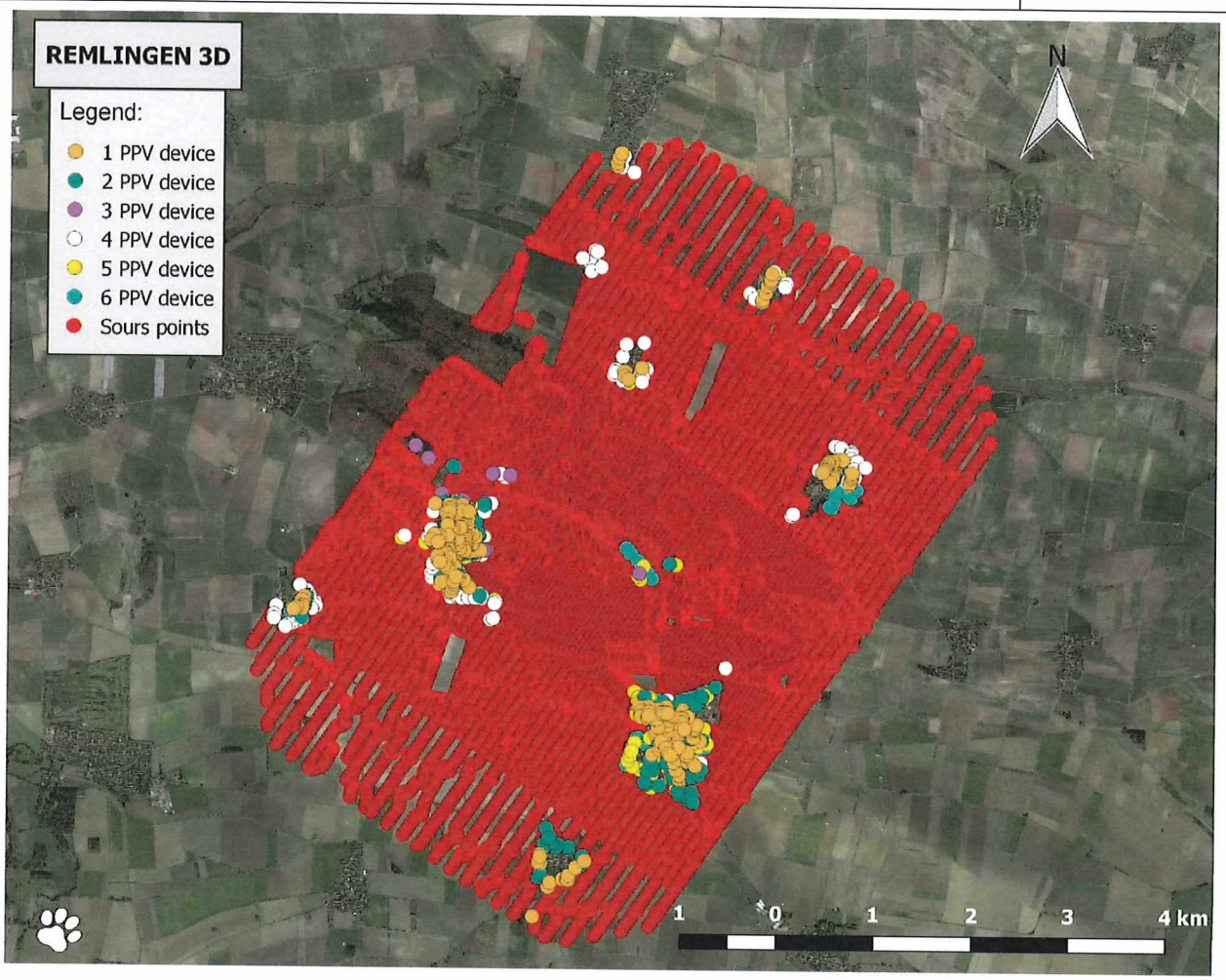


Abbildung 8: Karte mit allen Anregungspunkten und Lage der Erschütterungsmesspunkte

Abbildung 9: Beispielhafte Position eines Erschütterungsmessgerätes

12 Permitting

Das Permitting für die 3D-Seimik Asse begann bereits am 05.11.2018 und wurde von der Firma IPS Informations- und Planungsservice GmbH (IPS) im Auftrag der BGE durchgeführt. Der frühzeitige Beginn, der zeitlich vor der Auftragsvergabe an GT lag, zielte darauf ab, festzustellen, ob es generell gelingt eine ausreichende Anzahl von Betretungsgenehmigungen für die Durchführung der seismischen Messungen zu erlangen, so dass die Zielstellung der Seismik damit erfüllbar ist. Diese erste Phase des Permittings beinhaltete folgende Aufgaben:

- Erfassung und Benachrichtigung aller von der seismischen Messung betroffenen Eigentümer von Grundstücken und deren Nutzern.
- Beschaffung von Betretungsgenehmigungen von Bewohnern, Grundstückseigentümern und -nutzern vor Beginn der seismischen Arbeiten auf deren Eigentum.
- Beschaffung von Zutrittsgenehmigungen für eingezäunte Bereiche und die Benutzung privater Straßen und Wege.
- Verteilung von Informationsmaterial der BGE.
- Teilnahme an 3 Informationsveranstaltungen.
- Einarbeitung aller relevanten Informationen in ein Geografisches Informationssystem (GIS) und Bereitstellung von Karten als weitere Planungsgrundlage.

Ende April 2019 lagen für ca. 65 % der Messfläche die Betretungsgenehmigungen vor und für weitere 20 % der Messflächen war absehbar, dass die Betretungsgenehmigungen innerhalb der nächsten Wochen erteilt werden. Damit konnte sicher davon ausgegangen, dass bei einem Beginn der 3D-Seismik im Oktober 2019 eine ausreichende Anzahl von Betretungsgenehmigungen vorliegen wird und dass die seismische Messung ohne signifikante qualitative Einbußen im Vergleich zur theoretischen Planung durchführbar ist.

Ab der Auftragsvergabe an GT wurde dann das Permitting durch IPS im Unterauftrag von GT fortgeführt. Die fortführenden Arbeiten umfassten:

- Aufnahme und Pflege von Kontakten zu und mit allen relevanten lokalen und regionalen Behörden und Ämtern (Bergamt, Umweltamt usw.).
- Beschaffung aller notwendigen Informationen zum Verlauf von ober- und unterirdischen Kabeln und Leitungen und anderer Installationen sowie zur Lage erschütterungsempfindlicher Gebäude (z. B. unter Denkmalschutz stehend).
- Beschaffung aller notwendigen Informationen zur Lage und zu den Schutzzielen von Biotopen, Landschaftsschutzgebieten, Naturschutzgebieten und anderer Gebiete mit beschränktem Zutritt.
- Beantragung von Erlaubnissen, Genehmigungen, verkehrsrechtlicher Anordnungen usw. für die Nutzung öffentlicher Straßen und Wege mit den Vibratorfahrzeugen.
- Beantragung von Ausnahmegenehmigungen zum Befahren von Forstwegen
- Kooperation mit der BGE bei der Vorbereitung von Informationsmaterial zur 3D-Seismik, die während des Permitting Eigentümern und Nutzern von Grundstücken sowie der Öffentlichkeit übergeben werden.
- Teilnahme an Informationsveranstaltungen.

Alle Information mit geographischem Bezug wurden in ein GIS eingepflegt. Im Rahmen der Permitarbeiten gab es insgesamt 1.229 Kontakte zu aufgesuchten Personen. Mit den jeweiligen Eigentümern und Pächtern der für die seismischen Messungen genutzten Flächen und Wege wurde von der BGE ein Vertrag geschlossen, der sowohl die Betretungsrechte als auch die Entschädigungsleistungen für entstandene Schäden regelt. Insgesamt wurden 188 Verträge mit Eigentümern, 69 Verträge mit Bewirtschaftern, 6 Verträge mit forstwirtschaftlichen Eigentümern, 14 Verträge mit Jagdpächtern und 13 Verträge für die Nutzung von Privatwegen abgeschlossen. Die erlangten Betretungsgenehmigungen umfassten ca. 93 % der Fläche des Messgebietes, was ein sehr gutes Ergebnis darstellt.
Mit der Ausnahme eines Landwirts konnte das Permitting Ende September 2019 beendet werden. Bei dieser Ausnahme konnte der Vertrag zu den Betretungsrechten und Entschädigungsleistungen erst im November 2019 geschlossen werden, was dazu führte, dass die zu dem Zeitpunkt bereits abgeschlossenen Vermessungsarbeiten und Prüfungen auf Kampfmittelfreiheit hier wieder

aufgenommen werden mussten. Die für Privatgrundstücke in Ortschaften notwendigen Permitarbeiten wurden im Januar 2020, gleichzeitig mit der Vermessung und dem Auslegen der Registriereinheiten, durchgeführt.

Während der Vermessungs- und Bohrarbeiten, der Nahlinienmessungen, dem Auslegen und Einsammeln der Registriereinheiten, der Erschütterungsmessungen, der VSP-Messungen und den seismischen Anregungen der 3D-Seismik standen mehrere Personen des Permits (sog. Permit-On-Line) bereit, um Nachfragen der Bevölkerung vor Ort zu klären und die jeweils betroffenen Eigentümer und Nutzer ggf. aktuell zu informieren. Darüber hinaus wurden während der Messungen drei gemeldete Gebäudeschäden von IPS aufgenommen und zur weiteren Bearbeitung an die BGE weitergeleitet. Da bei den gemeldeten Gebäudeschäden in keinem Fall ein Überschreiten der für das jeweilige Bauwerk gültigen Anhaltswerte nach DIN 4150-3 vorliegt, lässt sich ein kausaler Zusammenhang der Schäden mit den seismischen Messungen zunächst nicht herstellen. Aufgrund des geringen Schadensausmaßes und um langwierige juristische Klärungen zu vermeiden, wurden die Schäden durch die BGE dennoch erstattet.

Das Permit-On-Line wurde am 27.02.2020 beendet.

Die auf Ackerflächen und in Waldgebieten entstandenen Schäden sowie alle Wegeschäden wurden von IPS und einem unabhängigen Gutachter im Anschluss des Projektes ab März 2020 aufgenommen und werden, in Abhängigkeit von der Höhe der Kosten zur Wiederherstellung der Flächen und Wege sowie des Ersatzes für einen möglichen Ernteausfall, durch BGE beglichen.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

13 Technisches Audit

Im Auftrag der BGE wurde von der Firma Verif-I Ltd. ein Technisches Audit der Messausrüstung von GT vor Ort durchgeführt (Verif-i Ltd., 2020). Dabei wurden alle wesentlichen Geräte, die in der Messkampagne eingesetzt werden sollten, vor ihrem Einsatz, gemäß den Spezifikationen des Herstellers und den Anweisungen der Auditoren geprüft.
Im Zeitraum vom 25.09. bis zum 26.09.2019 wurden

- die Messausrüstung für die Nahlinien (Messapparatur StrataVisor, beschleunigtes Fallgewicht AF-450, Geophone Sercel SG-10),
- die Vermessungsausrüstung (GPS-Empfänger Trimble R2, Trimble R9, Trimble 5700, Tachymeter Trimble M3 und Inertialsystem ZUPT B-PINS),
- die Bohrausrüstung (EMCI 220MPR, PAT 301, Atlas Copco LPHB, Atlas Copco Kompressoren XAHS 186)

geprüft.
Es wurden von Verif-I keine technischen oder sicherheitsrelevanten Mängel festgestellt, die einem Einsatz der Ausrüstung entgegenstanden.
Im Zeitraum vom 07.01. bis zum 10.01.2020 wurden

- die Messausrüstung für die VSP-Messungen (Bohrlochsonde Geovista G550),
- die Vibratoren (IVI HEMI 50),
- die Vibratorsteuerung im Messwagen (Sercel VE464 DSD) und in den Vibratoren (Sercel VE464 DPG),
- die Zündboxen für die Sprengseismik (Boom Box III),
- sowie 5.724 ausgewählte Registriereinheiten (Innoseis Tremornet)

geprüft.
Bei den getesteten Registriereinheiten lag die Fehlerquote unter 0,35 %. Für alle eingesetzten Registriereinheiten lagen Ergebnisse von Tests vor, die von GT selbst durchgeführt worden waren. Insgesamt wurden von Verif-I auch hier keine technischen oder sicherheitsrelevanten Mängel festgestellt, die einem Einsatz der geprüften Ausrüstung entgegenstanden.
Das Technische Audit von Verif-I bestätigte die Einsatzbereitschaft des Messtrupps von GT. Von Verif-I wurde ein Bericht über das technische Audit erstellt und an BGE geliefert [8].

14 3D-Seismik

14.1 Parametertest

Zur Festlegung der optimalen Anregungsparameter fanden am 04.10.2019 für die Sprengseismik und am 13.01.2020 für die Vibroseismik Parametertests statt. Die Registrierung der jeweiligen Testanregungen erfolgte auf ein und demselben extra dafür temporär aufgebautem Messprofil, das auf der Südseite des Messgebiets etwa senkrecht zur Streichrichtung der Salzstruktur ausgerichtet war. Die Testprogramme und deren Ergebnisse sind in einem separaten Bericht dokumentiert, so dass im Folgenden nur die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst werden. Die aus den Parametertesten resultierenden Parameter für die seismische Datenakquisition wurden durch die Fremdbauüberwachung genehmigt und in Absprache mit BGE und GT festgelegt.
Beim Parametertest für die Sprengseismik wurden Ladungsmengen zwischen 220 g und 970 g in Einzelbohrungen mit 9 m und 15 m sowie in Bohrungs-Dubletten mit 6 m Tiefe getestet. Im Ergebnis zeigte sich, dass Ladungsmengen von 220 g und 250 g nicht ausreichen, um eine zufriedenstellende Datenqualität zu erzielen. Eine eindeutige Abhängigkeit der Ergebnisse von der Bohrtiefe war nicht zu erkennen. Die maximale Bohrteufe von 15 m zeigte aber nicht die besten Ergebnisse. Für die Messdurchführung wurde daher festgelegt, dass die Mindesttiefe für eine Einzelbohrung ungefähr 6 m betragen sollte und mindestens 1 m tief in eine feste, konsolidierte Schicht zu bohren ist. Konnte dies nicht erfüllt werden, war die Bohrtiefe solange zu erhöhen bis die Vorgabe erfüllt oder die Maximalteufe von 15 m erreicht wurde.
Beim Parametertest für die Vibroseismik wurde insbesondere die Startfrequenz und die Endfrequenz des Sweeps sowie die Kraft der Vibratoren untersucht. Kurze 2D-Profile mit unterschiedlichen Sweeps ergänzten den Parametertest. Außerdem wurde die Funktionsweise des Slip-Sweep-Verfahrens untersucht. Allen Tests gemeinsam war, dass der Sweep eine Länge von 60 s aufweist. Für Startfrequenzen kleiner als 8 Hz wurde ein customized Sweep verwendet, der im niedrigen Frequenzbereich (< 10 Hz) eine kleinere Sweep-Rate ($\Delta f / \Delta t$) aufweist als ein linearer Sweep, damit die Bewegung der Bodenplatte besser auf den Untergrund übertragen wird und der Vibrator nicht an seine technischen Grenzen der Hydraulik stößt.
Die Testergebnisse zeigten, dass bei Kräften von 80 %, 70 %, 60 % in der Einzelanregung die Reflexion von Basis Zechstein gut zu erkennen war. Da die Nutzsignale (Reflexionen) Frequenzen bis maximal 100 Hz aufwiesen, wurde die Endfrequenz des Sweeps auf 120 Hz festgelegt, um ggf. auch noch Reflexionen beim Test nicht erfasster flacherer Horizonte aufzulösen. Als Startfrequenz für die seismische Datenakquisition wurde 5 Hz gewählt, um zum einen eine möglichst große Bandbreite zu erzielen und um zum anderen aber nicht die Eigenfrequenz der Geophone zu unterschreiten. Die Slip-Zeit ergab sich für dieses Frequenzband und der bei den Parametertests ermittelten maximalen Frequenzen aufgrund von theoretischen Berechnungen zu 26 s.

14.2 Seismische Datenakquisition

14.2.1 Anregungsparameter

Im Ergebnis des Parametertest für die Vibroseismik wurde das Frequenzband des Sweeps auf 5 Hz bis 120 Hz und die Anregungskraft auf 70 % der Maximalkraft festgelegt. Im Umfeld von Gebäuden wurde die Anregungskraft auf 50 % oder 15 % reduziert (Tabelle 18), die anderen Anregungsparameter aber beibehalten. Tabelle 9 gibt eine Übersicht der vibroseismischen Anregungsparameter.

Tabelle 9: Anregungsparameter – Vibroseismik

Anregungsparameter Vibroseismik	
Art der Anregung	Vibrator
Anregungspunktintervall	10 m
Vibratortyp	HEMI 50
Maximale Kraft	223 kN
Verwendete Kraft	70 %
Anzahl der Vibratoren pro Anregungspunkt	1
Sweep-Typ	Custom
Sweep-Länge	60 s
Methode	Slip-Sweep
Slip Zeit	26s
Sweep Frequenzbereiche	5 – 120 Hz
Anzahl der Sweeps pro Anregungspunkt	1

Im Ergebnis des Parametertest für die Sprengseismik wurde die Standard-Ladungsmenge auf 970 g festgelegt. Im Umfeld von Gebäuden, Grundwassermessstellen, Bohrungen, Schächten, Gewässern wurden die Ladungsmengen auf 485 g oder 220 g reduziert. Tabelle 10 gibt eine Übersicht der sprengseismischen Anregungsparameter. Die genaue Verteilung der Ladungs-menge auf die einzelnen Anregungspunkte und die erreichten Bohrtiefen sind in Tabelle 6 und Tabelle 18 aufgelistet.

Tabelle 10: Anregungsparameter – Sprengseismik

Anregungsparameter Sprengseismik	
Art der Anregung	Sprengung
Anregungspunktintervall	10 m
Anzahl der Bohrlöcher pro Anregungspunkt	1 (Einzelbohrung)
Ladungstiefe	6 m – 15 m
Ladungsmenge pro Anregungspunkt	nominell 970 g

14.2.2 Empfangs- und Aufzeichnungsparameter

Für die Energieaufzeichnung bei der 3D-Seismik Asse wurden kabellose Registriereinheiten Innoseis Tremornet mit eingebauten hochempfindlichen Einzelgeophonen von Typ PS-GR5 (5 Hz Eigenfrequenz) eingesetzt. Das Ziel der Verwendung von Einzelgeophonen ist die Aufzeichnung eines möglichst hochfrequenten und gleichzeitig breitbandigen seismischen Signals ohne azimutale Filterwirkung.
Auf Feldern und im Asse-Wald wurden die Registriereinheiten überwiegend eingegraben und mit wenigen Zentimetern Erde bedeckt, was den durch Wind und Regen verursachten Noise verringerte und das Diebstahlrisiko minimierte.
Die im Feld eingesetzten Registriereinheiten registrierten täglich von 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr bei einer Samplerate von 1 ms. Nach dem Auslesen der Registriereinheiten wurden die zu jeder Anregung gehörenden Zeitfensters aus den täglich aufgezeichneten Datenströmen für eine Aufzeichnungslänge von 4 s ausgeschnitten (d. h. 60 s plus 4 s für die Vibroseismik, 4 s für die Sprengseismik) (Kapitel 14.5).
Die Tabelle 11 und Tabelle 12 fassen die Parameter der Empfänger und der Datenaufzeichnung zusammen.

Tabelle 11: Parameter der Empfänger

Parameter der Empfänger	
Art des Empfängers	Geophon
Empfangspunktintervall	10 m
Empfänger (Hersteller, Modell)	Innoseis Tremornet
Anzahl der Geophone pro Empfangspunkt	1 (Einzelsensor)
Pattern type	Point

Tabelle 12: Parameter der Datenaufzeichnung

Parameter der Datenaufzeichnung	
Messapparatur, Registriereinheiten	Innoseis Tremornet
Aufzeichnungsläge	4 s
Sample Rate	1 ms
Hochpass-Filter (Anti-Aliasing)	Minimum Phase, 0,8 Nyquist
Kerbfilter	aus
Tiefpass-Filter	aus
Korrelation	aus
Diversity Stack	aus
Polarität	SEG Normal Standard
Datenformat	SEG-D
Verstärkung – Seismische Kanäle	12 dB
Verstärkung – Hilfskanäle	0 dB

14.2.3 Messgeometrie

Die Struktur der Asse mit ihren steil stehenden geologischen Einheiten erforderte eine sehr dichte räumliche Abtastung des seismischen Wellenfeldes. Gleichzeitig waren zur seismischen Abbildung der stark geneigten Schichten auch große Offsets notwendig. Für die 3D-Seismik wurde ein orthogonales Messraster gewählt, bei dem die Anregungspunktlinien aus operativen Gründen, aufgrund des Wegenetzes im Asse-Wald (überwiegend forstwirtschaftlich genutzte Rückewege), senkrecht zur Streichrichtung der Salzstruktur, in etwa SW-NE-Richtung verlaufen. Entsprechend waren die Empfangspunktlinien in SE-NW-Richtung orientiert. Der Linienabstand des Messrasters war im Umfeld der Schachtanlage Asse II und entlang des Höhenzugs der Asse enger, um auch den Salzspiegel und flachere Strukturen des Deckgebirges zu erfassen, und vergrößerte sich zum Rand des Untersuchungsgebietes. In Tabelle 13 sind die geometrischen Messparameter der 3D-Seismik zusammengefasst.
Für die nominell 46.130 Empfangspunkte im Messgebiet wurden zu Beginn ca. 40.000 Registriereinheiten auf 90 Empfangslinien von Süden her als feste Auslage aufgebaut (Abbildung 10, Anregungslinien in Rot; Aktive Empängerlinien in Blau). Nach Abschluss der Anregungen in der Südhälfte des Messgebiets wurden am 01.02.2020 die 11 südlichsten Linien abgebaut und auf den 11 nördlichsten Linien wieder aufgebaut (Abbildung 11, Anregungslinien in Rot; Aktive Empängerlinien in Blau).

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Tabelle 13: Messgeometrie

Messgeometrie	Wert
Anzahl der aktiven Kanäle	41.190*
Art der aktiven Auslage	Feste Auslage, all live*
Empfangspunktintervall	10 m
Empfängerlinienabstand	Zone A: 50 m Zone C: 100 m Zone D: 100 m
Richtung der Empfängerlinien (Azimut)	125,0°
Anregungspunktintervall	10 m
Anregungslinienabstand	– Zone A: 50 m – Zone C: 100 m – Zone D: 200 m
Richtung der Anregungslinien (Azimut)	35,0°
Messraster	Orthogonal
Bin-Größe (Untergrund)	5 m x 5 m
Minimaler Offset (X_{min})	~ 0,3 m
Inline maximaler Offset (X_{in})	~ 5.000 m
Cross-line maximaler Offset (X_{cross})	~ 6.400 m
Maximaler Offset (X_{max})	~ 7.677 m

Beschreibung:
*) Die Empfängerlinien 1101 - 1741 waren während der seismischen Datenakquisition im südlichen Teil des Messgebiets bis zu Anregungspunktnr. 1496 aktiv (insges. 18.644 Anregungspunkte).
Die Empfängerlinien 1211 - 1851 waren während der seismischen Datenakquisition im nördlichen Teil des Messgebiets ab Anregungspunktnr. 1475 aktiv (insges. 17.492 Anregungspunkte).

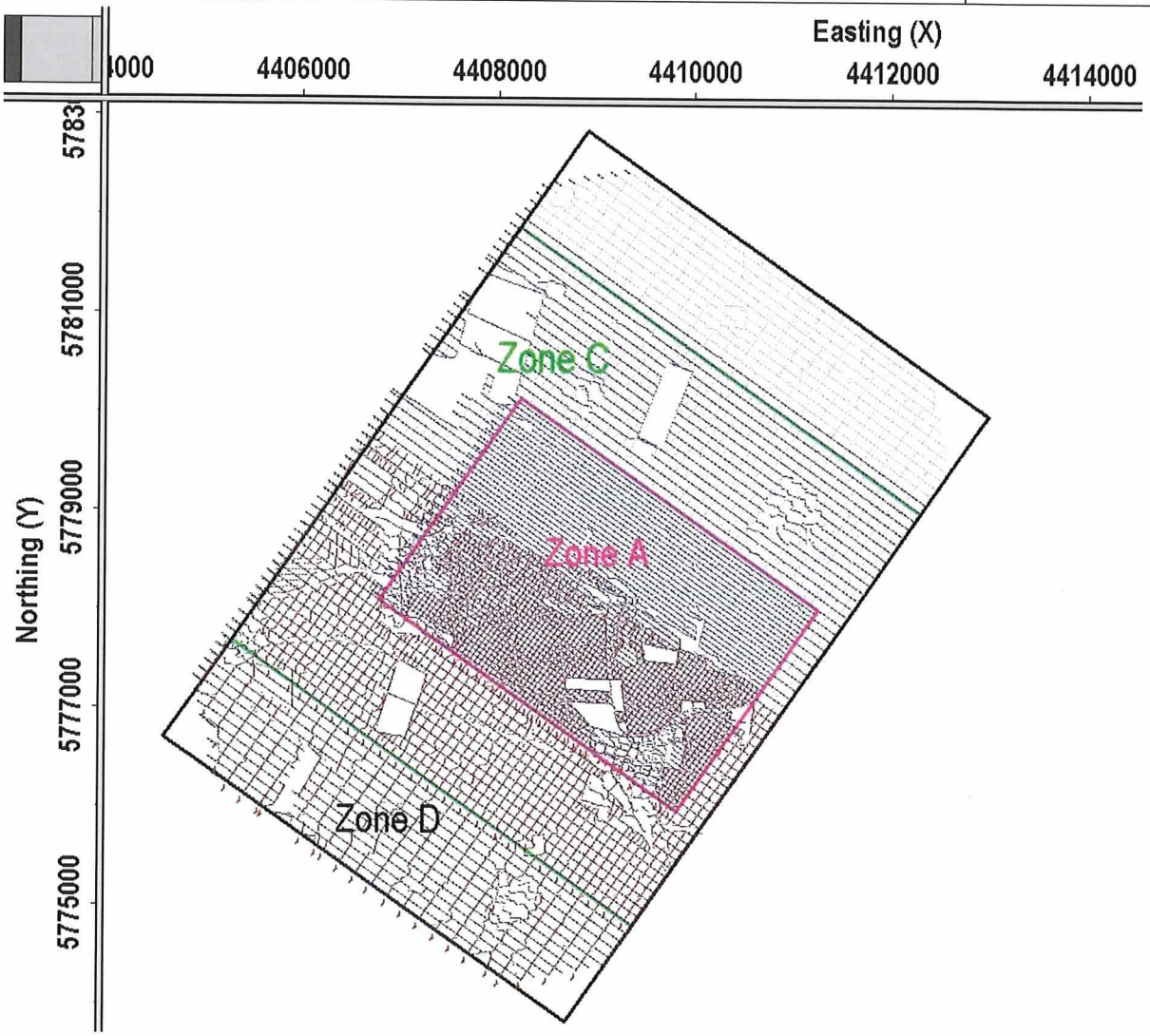


Abbildung 10: Aktive Auslage für die seismischen Anregungspunkte in der südlichen Hälfte des Messgebiets

Abbildung 11: Aktive Auslage für die seismischen Anregungspunkte in der nördlichen Hälfte des Messgebiets

Die Abbildung 12 zeigt den tatsächlichen Verlauf der Anregungs- und Empfangslinien. In der Realisierung konnte weitestgehend ein sehr reguläres, orthogonales Messraster erzielt werden. Abweichungen vom geradlinigen Verlauf des theoretischen Messrasters der Anregungslinien ergaben sich hauptsächlich für die sprengseismischen Anregungspunkte im Asse-Wald, die zum einen dem Verlauf von Rückegassen folgten und zum anderen dichtem Bewuchs und Erdfällen auswichen. Weitere Abweichungen von der theoretischen Lage der Anregungspunkte resultierten aus dem Straßenverlauf und den Sicherheitsabständen zu Gebäuden, nicht erteilten Betretungsgenehmigungen, der Lage von Leitungen, der Befahrbarkeit des Untergrundes und dem Umgehen von kleineren Kampfmittelverdachtsflächen.

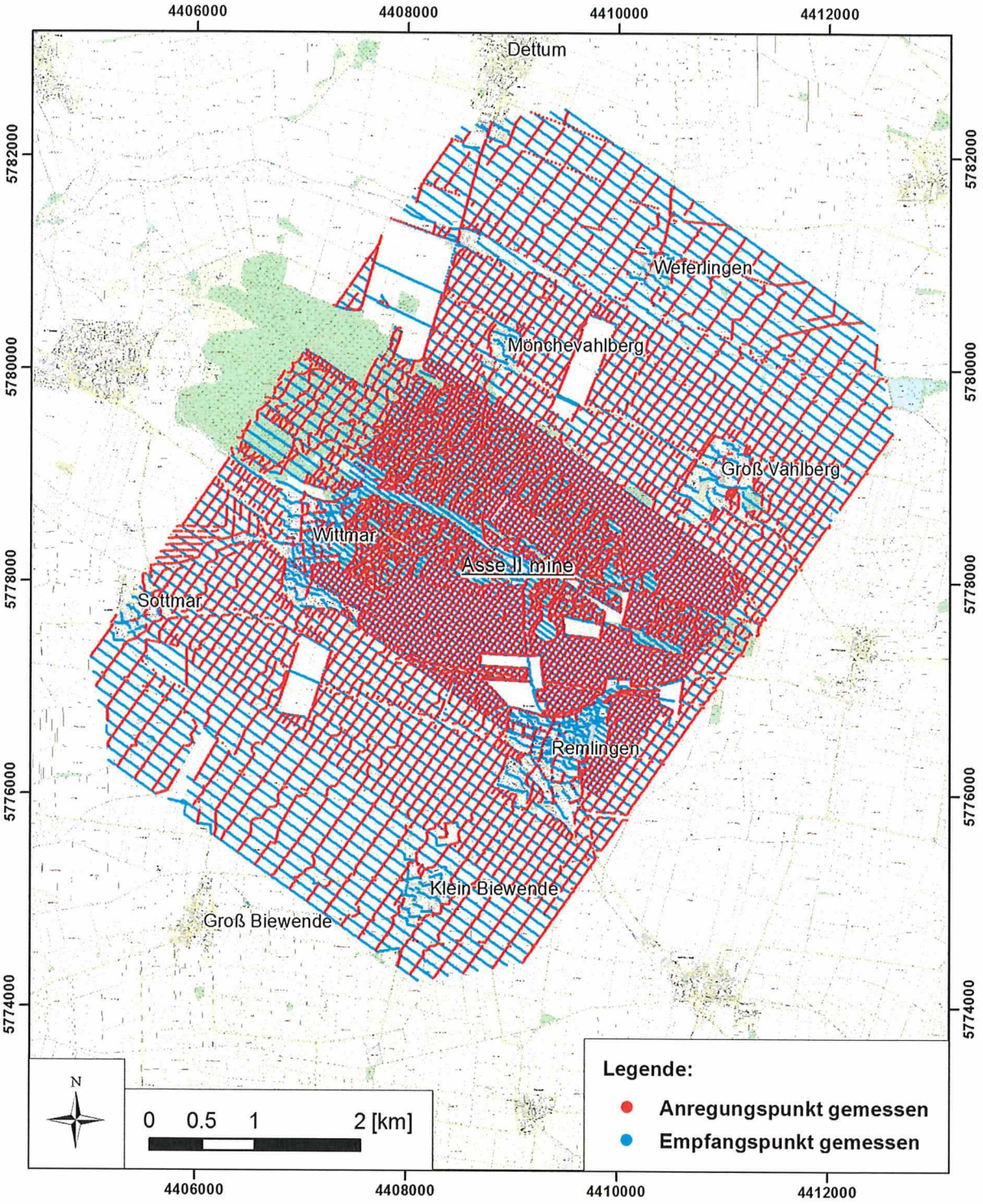


Abbildung 12: Tatsächliche Lage der Anregungs- (rot) und Empfangspunkte (blau)

Für die reale Lage der Anregungs- und Empfangspunkte wurde der Überdeckungsgrad für verschiedene Offsets sowie Offset-Azimut-Verteilungen bezogen auf eine Bin-Größe von 5 m x 5 m und einen ebenen Reflektor berechnet (Anhang 3 bis Anhang 20).
In den Anhängen Anhang 3 bis Anhang 8 ist der Überdeckungsgrad für Offsetbegrenzungen von 200 m, 600 m und 2000 m sowie unter Einbeziehung aller Offsets dargestellt. Die Anhänge Anhang 11 bis Anhang 16 zeigen die in den einzelnen Bins auftretenden kleinsten, mittleren und größten Offsets.

Insgesamt ergibt sich für die größeren Offsetbeschränkungen (2000 m, alle Offsets) ein relativ gleichmäßiger sehr hoher Überdeckungsgrad ohne Artefakte (Anhang 3, Anhang 4, Anhang 9, Anhang 10). Dieser vergleichsweise sehr hohe Überdeckungsgrad ergibt sich aus der Messgeometrie, die sowohl auf flache Erkundungstiefen ab 200 m als auch größere Erkundungstiefen bis über 2000 m ausgelegt ist und insbesondere die steilen Flanken der Salzstruktur abbilden soll. Die größten Offsets (> 6000 m) treten erwartungsgemäß im Zentrum der Messfläche auf (Anhang 15, Anhang 16). Möglicherweise gelingt es durch diese großen Offsets auch Strukturen unterhalb der Asse-Struktur abzubilden. Die mittleren Offsets liegen außer an den Rändern und Ecken des Messgebiets meist über 1.900 m, so dass nahezu im gesamten Messgebiet eine sichere Abbildung der Salzbasis zu erwarten ist (Anhang 13, Anhang 14). Bei einer Offsetbegrenzung bis 200 m treten insbesondere in den Flächen ohne Betretungsgenehmigungen, aber auch in den Bereichen der Ortschaften, Lücken im Überdeckungsgrad auf (Anhang 7, Anhang 8). Unter diesen Flächen und Bereichen wird keine oder nur eine sehr eingeschränkte seismische Abbildung flacher Horizonte (< 200 m) erzielbar sein.
Bei einer Offsetbegrenzung bis 600 m schließen sich bis auf ein Randgebiet im Nordwesten der Messfläche die Lücken im Überdeckungsgrad (Anhang 5, Anhang 6). Es verbleiben lokal aber einige kleinere Flächen mit sehr geringem Überdeckungsgrad (< 10), die dort zu Einschränkungen in der Qualität der seismischen Abbildungen von Horizonten bis 600 m Tiefe führen können.
In der Offset-Azimut-Verteilung zeigt sich zum einen die generelle Ausrichtung der Messfläche und der Messgeometrie sowie dass die meisten Offsets im Bereich zwischen 2000 m und 3000 m liegen (Anhang 17), was sich auch im Histogramm der Offset-Verteilung widerspiegelt (Anhang 18). Aufgrund der Ausrichtung der Messfläche und ihrer etwas gestreckten Form ergibt sich bei der Messgeometrie (feste Auslage) erwartungsgemäß eine gleichmäßige Azimut-Verteilung bei der nur im Winkelbereich von 90° bis 180° die Anzahl der Spuren etwas zurückgeht (Anhang 19).
Insgesamt ist aufgrund des sehr hohen Überdeckungsrads (Anhang 20) sowie der sehr dichten und gleichmäßigen Offset-Azimut-Verteilung eine sehr gute Abbildung insbesondere der Flanken und der Basis der Salzstruktur zu erwarten.

14.3 Qualitätskontrolle

14.3.1 Qualitätskontrolle - Registriereinheiten

Die im Feld eingesetzten Registriereinheiten registrierten ab dem 17.01.2020 täglich von 06.00 Uhr bis 22.00 Uhr. In der Einschaltphase führten die Registriereinheiten einen Selbsttest durch (Tabelle 14). Neben diesem täglichen Selbsttest wurde täglich mindestens ein Drittel der ausgelegten Registriereinheiten von 8 QC-Teams abgegangen und über eine Bluetooth-Schnittstelle mit einer auf einem Smartphone installierten App (Innoseis QC Vers. 1.4.3) geprüft. Dabei wurden zum jeweiligen Zeitpunkt der Prüfung der Noise, der Dämpfungswiderstand, die Neigung des Geophons, der noch vorhandene Speicherplatz, der Ladezustand des Akkus und der durchgeführte Selbsttest über eine Bluetooth-Schnittstelle ausgelesen und registriert. Defekte Registriereinheiten wurden sofort ausgetauscht und eine zu große Neigung (> 5°) korrigiert. Die beim Austausch eingesammelten Registriereinheiten wurden zum Truppbüro gebracht, die Daten ausgelesen, auf einen möglichen Defekt untersucht, ggf. repariert, die Batterieladung kontrolliert und wenn möglich wiedereingesetzt.
In der Abbildung 13 ist die Anzahl der täglich per App kontrollierten Registriereinheiten/Geophone dargestellt.

Tabelle 14: Tests der Innoseis Tremornet Registriereinheiten

Nr.	Teste	
Elektronik-Tests		
		Tremornet
1	Noise	■
2	DC-Offset	■
3	Verstärkung	■
Sensor-Tests		
4	Widerstand	■
5	Verzerrung	■
6	Umgebungsrauschen	■
7	Neigung	■
8	Empfindlichkeit	■
9	Eigenfrequenz	■
10	Dämpfungg	■
11	Polarität	■

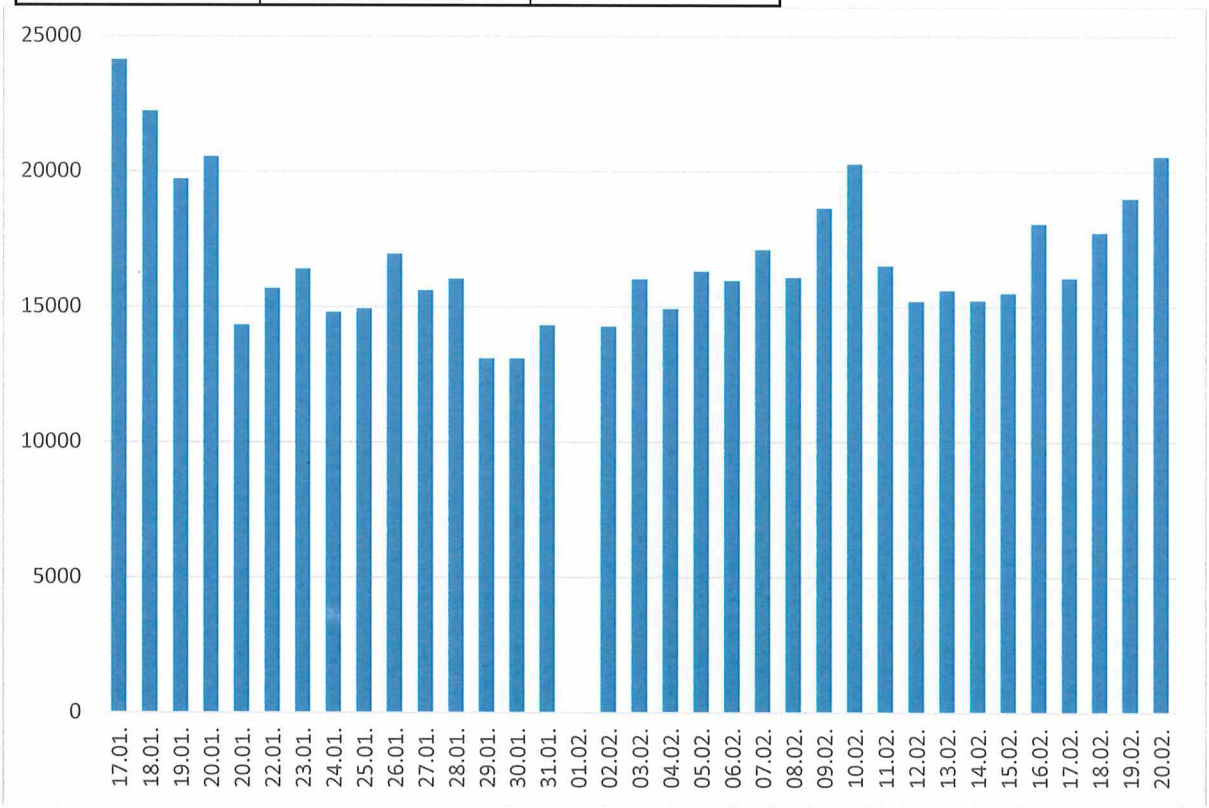


Abbildung 13: Anzahl der täglich per App kontrollierten Registriereinheiten/Geophone

Die Abbildung 14 zeigt prozentuale Anzahl der ausgetauschten Registriereinheiten/Geophone (aufgrund eines Defektes: blaue Säule, aufgrund zu starker Neigung: orange Säule) oder wiedereingesetzter Registriereinheiten (graue Säule) und deren Summe (gelbe Linie) bezogen auf die Anzahl der täglich kontrollierten. Die täglichen Kontrollen konzentrierten sich insbesondere auch auf den Asse-Wald, da dort regelmäßig einige Registriereinheiten von Wildschweinen ausgegraben wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass bis auf den ersten Tag der Messung immer weniger als 1 % der Auslage von defekten, schräg stehenden oder ausgegrabenen Registriereinheiten betroffen war.

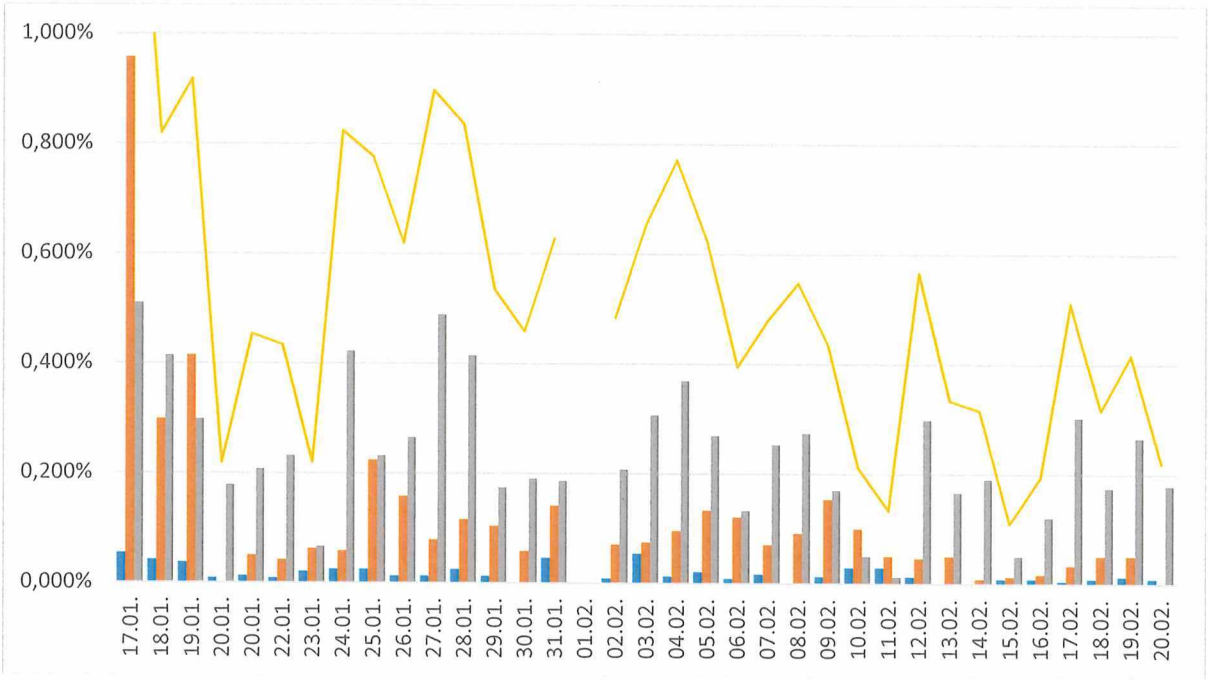


Abbildung 14: Prozentuale Anzahl der aufgrund eines Defektes ausgetauschten oder wiedereingesetzter Registriereinheiten und deren Summe (s. Erläuterungen im Text)

14.3.2 Qualitätskontrolle - Vibratoren

Zur Qualitätskontrolle der Vibratoren wurden im Rahmen des „Post Sweep Service" (PSS) für alle Sweeps

- Peak Phase (maximaler Phasenfehler),
- Peak Force (maximale Kraft),
- Max Peak Distortion (maximale Signalverzerrung),
- Average Phase (mittlerer Phasenfehler),
- Average Force (mittlere Kraft),
- Average Distortion (mittlere Signalverzerrung)

aufgezeichnet (Abbildung 15, Vib. No. 1, 2, 3, 5). Darüber hinaus wurden abhängig von der täglichen Messdauer drei- bis sechsmal täglich Radio Similarity Tests für jeden eingesetzten Vibrator durchgeführt. Hinzu kommen wöchentlich Hardwire Similarity Tests und einmal im Monat bzw. zu Beginn und zum Abschluss der seismischen Messungen ein VCA-Test aller Vibratoren (Tabelle 15). Die Daten dieser Qualitätskontrolle der Vibratoren wurden an BGE mit den zusätzlichen Daten zur 3D-Seismik übergeben (08_QC_VIBROSEIS, siehe Tabelle 20).

Mit den Similarity Tests wird im Wesentlichen die Synchronität und die Polarität der Sweeps und die Signalverzerrung geprüft. Mit Ausnahme der Peak Distortion in der PSS-Aufzeichnung wurde alle technischen Spezifikationen und Vorgaben der Fremdbauüberwachung eingehalten. Da die Spitzenwerte (Peak Distortion stark von der Oberfläche (asphaltierte Straße, Feldweg, Feld), dem oberflächennahen Untergrund (Straßenunterbau, bindiger Boden, nicht-bindiger Boden, ...) und der

Ankopplung der Vibrator-Bodenplatte an den Boden abhängen, war anzunehmen, dass die hohen Werte der Peak Distortion untergrundbedingt sind. Insbesondere auch weil die hohen Werte meist nur in einem begrenzten Zeitbereich des Sweeps zwischen 15 s und 25 s auftraten und bei einer Anregung auf Asphalt sich deutlich niedrigere Werte ergaben. Ein technischer Defekt eines einzelnen Vibrators war auszuschließen, da alle Vibratoren das gleiche Verhalten zeigten und alle anderen Kontrollwerte, wie Average Distortion, Peak Phase und Average Phase, im normalen Bereich lagen.

Tabelle 15: Durchgeführte Vibrator-Tests

Nr.	Test	Häufigkeit des Tests		
		Täglich	Wöchentlich	Monatlich
1	Ausführliche QC	■	–	–
2	VibraSig, PSS – jeder Sweep	■	–	–
3	Hardwire / Wireline Similarity	–	■	–
4	VCA	–	–	■
Legende: ■ – performed – N/A				

Rec ID	Line	Point	Index	Fleet No	Vib No	Drive Level	Avg Phase	Peak Phase	Avg Distortion	Peak Distortion	Avg Force	Peak Force	Avg Ground Stiffness	Avg Ground Viscosit	Easting	Northing	Elevation
S	5581	1432	1	5	5	70	1	2	10	30	70	73	17	28	4410441	5776667	167.8
S	5486	1460	1	2	2	70	0	1	13	41	69	72	15	30	4409823	5777443	182.9
S	5581	1431	1	5	5	70	1	4	10	34	70	75	15	29	4410435	5776660	167.1
S	5486	1459	1	2	2	70	0	1	14	41	70	73	19	30	4409817	5777435	182.1
S	5581	1430	1	5	5	70	1	4	10	33	70	72	12	29	4410430	5776652	166.0
S	5486	1458	1	2	2	70	0	3	14	54	69	73	18	31	4409812	5777426	181.4
S	5481	1277	1	3	3	70	0	2	14	41	70	73	8	29	4408731	5775972	143.1
S	5581	1429	1	5	5	70	1	2	10	38	70	72	16	30	4410424	5776644	164.9
S	5486	1457	1	2	2	70	0	1	13	54	70	73	25	32	4409807	5777418	180.6
S	5481	1276	1	3	3	70	0	-2	17	90	69	75	11	29	4408727	5775964	143.0
S	5581	1428	1	5	5	70	1	2	10	34	70	74	13	29	4410418	5776636	163.6
S	5486	1456	1	2	2	70	0	2	13	52	70	73	20	30	4409801	5777409	179.8
S	5481	1275	1	3	3	70	0	-2	16	71	69	74	15	28	4408721	5775956	143.2
S	5581	1427	1	5	5	70	1	-2	12	32	70	73	10	28	4410413	5776627	162.2
S	5486	1455	1	2	2	70	0	1	11	26	70	72	25	29	4409796	5777401	179.2
S	5481	1274	1	3	3	70	0	2	18	80	68	73	4	30	4408716	5775947	143.4
S	5581	1426	1	5	5	70	1	2	11	35	70	73	15	29	4410407	5776618	161.0
S	5486	1454	1	2	2	70	0	1	13	34	70	73	18	29	4409790	5777393	178.5
S	5481	1273	1	3	3	70	0	2	17	81	68	73	13	29	4408710	5775939	143.5
S	5581	1425	1	5	5	70	1	3	11	35	70	72	14	28	4410401	5776611	159.8
S	5486	1453	1	2	2	70	0	1	12	26	70	73	20	30	4409785	5777385	177.9
S	5481	1272	1	3	3	70	0	2	18	85	68	74	7	29	4408704	5775931	143.5
S	5581	1424	1	5	5	70	1	4	13	44	70	73	19	31	4410394	5776603	158.5
S	5486	1452	1	2	2	70	0	1	13	26	70	73	17	30	4409778	5777376	177.2
S	5481	1271	1	3	3	70	0	2	18	87	68	73	14	27	4408698	5775924	143.6
S	5581	1423	1	5	5	70	1	4	11	37	70	72	17	30	4410389	5776595	157.5
S	5486	1451	1	2	2	70	0	1	11	24	70	72	23	30	4409772	5777368	176.4
S	5481	1270	1	3	3	70	0	-2	18	82	68	73	10	29	4408692	5775915	143.8
S	5486	1450	1	2	2	70	0	1	13	38	70	73	17	28	4409766	5777360	175.7
S	5486	1449	1	2	2	70	0	-1	14	41	70	73	16	28	4409760	5777352	175.0
S	5486	1448	1	2	2	70	0	1	12	27	70	73	21	28	4409755	5777344	174.2
S	5581	1433	1	5	5	70	1	2	10	20	70	71	19	29	4410443	5776681	169.5
S	5391	1345	1	1	1	70	1	2	11	82	70	76	26	24	4408385	5777046	152.3
S	5481	1269	1	3	3	70	0	3	18	78	68	74	7	29	4408685	5775906	143.9
S	5486	1447	1	2	2	70	0	-1	12	25	70	72	18	28	4409750	5777336	173.6
S	5581	1434	1	5	5	70	1	2	9	19	70	72	23	30	4410453	5776686	169.9
S	5391	1346	1	1	1	70	1	3	13	74	70	75	23	24	4408391	5777054	152.6
S	5481	1268	1	3	3	70	0	4	20	104	67	73	8	28	4408681	5775899	144.0
S	5486	1446	1	2	2	70	0	2	11	23	70	73	19	30	4409744	5777327	172.9
S	5581	1435	1	5	5	70	1	2	10	15	69	71	19	26	4410459	5776693	170.4
S	5391	1347	1	1	1	70	1	4	15	87	68	75	25	22	4408397	5777061	152.9
S	5481	1267	1	3	3	70	0	3	19	99	67	74	9	29	4408674	5775890	143.6
S	5486	1445	1	2	2	70	0	2	14	27	70	74	14	31	4409738	5777320	172.2
S	5581	1436	1	5	5	70	1	3	11	35	70	72	21	31	4410463	5776702	171.0

Abbildung 15: Registrierung typischer Kontrollparameter vier eingesetzter Vibratoren

14.3.3 Kontrollprofil

Zu Beginn der 3D-seismischen Messungen wurde für 10 Tage (zwischen dem 17.01.2020 und 25.01.2020 sowie am 28.01.2020) südlich von Wittmar ein zusätzliches 2D-seismisches Kontrollprofil bestehend aus 40 Registriereinheiten (Innsoseis Tremornet) mit einem Abstand von 60 m aufgebaut. Das Profil entspricht in seiner Lage dem Profil auf dem die vibroseismischen und sprengseismischen

Parametertests stattfanden (Kapitel 14.1) und ist damit in seiner Richtung der Empfangspunkte senkrecht zum Höhenzug der Asse und damit auch senkrecht zu den Empfangslinien des 3D-seismischen Messrasters ausgerichtet. Vorteil dieser Ausrichtung ist, dass mögliche Reflexionen von den Flanken der Asse-Struktur sicher erkannt und zugeordnet werden können. Abbildung 16 zeigt die Lage der 40 Registriereinheiten (blaue Punkte) und die Lage der von ihnen an den 10 Tagen insgesamt registrierten Anregungspunkte (rot).

Das Ziel des Kontrollprofils bestand darin, einen ersten Eindruck von der Datenqualität in Bezug insbesondere auf das Signal-Noise-Verhältnis zu erhalten. Dazu wurden die Empfänger einmal täglich nach Arbeitsende ausgetauscht und die eingesammelten Daten der Tagesproduktion ausgelesen, für jeden Anregungspunkt ausgeschnitten und schussweise zusammensortiert sowie die vibroseismischen Daten korreliert. Eine weitere Datenbearbeitung (z. B. Stapelung) erfolgte nicht. Abbildung 17 zeigt exemplarisch die auf dem Kontrollprofil registrierten Daten von 6 aufeinander folgenden Anregungen einer Tagesproduktion.Insgesamt ist die Qualität der auf dem Kontrollprofil registrierten Daten als sehr gut zu bezeichnen: Einzelne Reflexionen können sicher erkannt und über den gesamten Offsetbereich verfolgt werden. Unvermeidbare Störquellen, wie z. B. der Straßenverkehr auf der B79, wurden identifiziert.

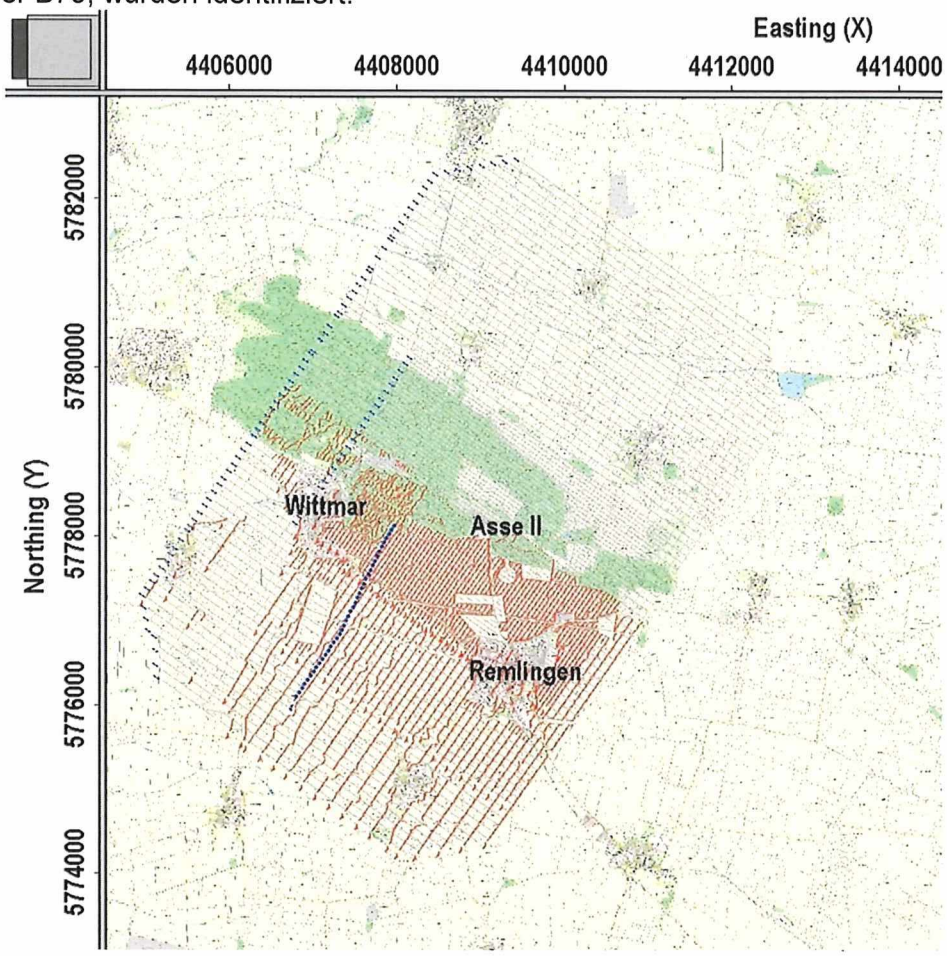


Abbildung 16: Lage des aus 40 Kanälen bestehenden seismischen Kontrollprofils (blau) und der von ihnen registrierten Anregungspunkte(rot)

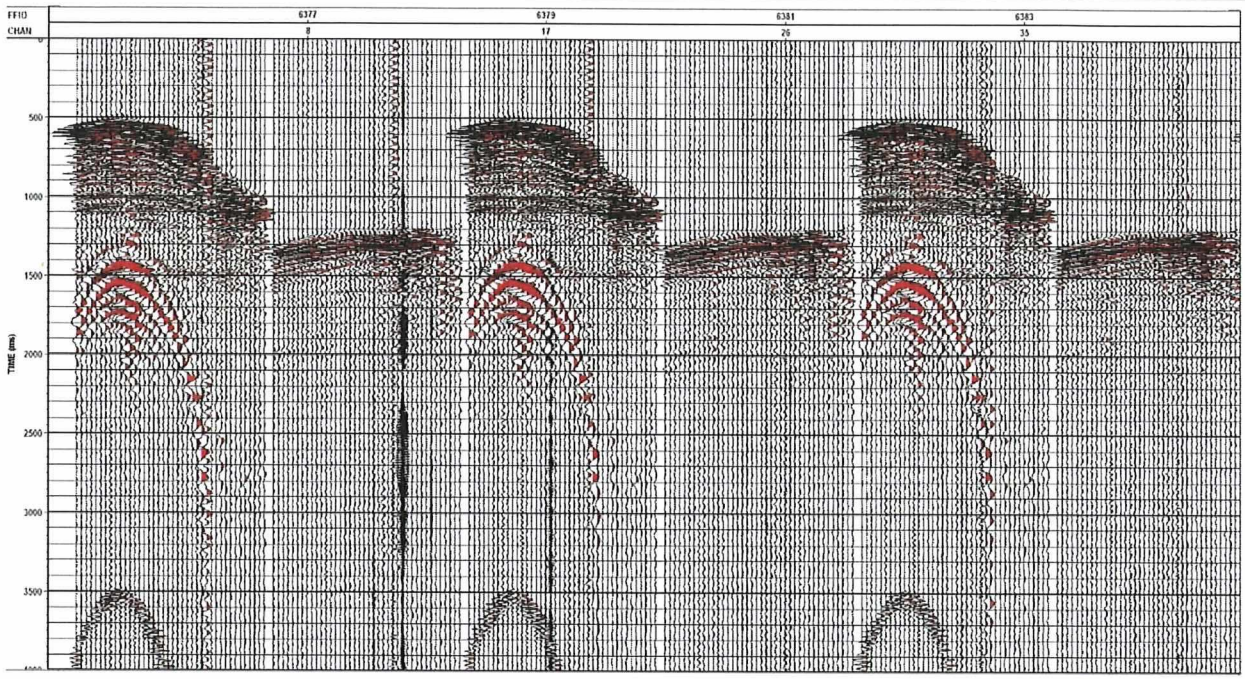


Abbildung 17: Datenbeispiel für die Registrierung auf dem Kontrollprofil von 6 Anregungspunkten

14.4 Untertage-Registrierung

Der BGE wurden im Messzeitraum der 3D-Seismik insgesamt 24 Registriereinheiten (Innsoseis Tremornet) für Untertage-Messungen in der Schachtanlage Asse II zur Verfügung gestellt. Die Verteilung der Sensoren untertage im Bergwerk erfolgte durch Mitarbeiter der BGE. Die räumliche Lage der Untertage-Sensoren ist in Abbildung 18 dargestellt. Die Programmierung der Registriereinheiten war so eingestellt, dass ein kontinuierlicher Datenstrom (24 h/Tag) registriert wurde, so dass ein Vergleich mit den Daten des für die Schachtanlage Asse II vorhandenen passiven seismologischen Netzwerks möglich ist.

Nach Abschluss der 3D-Seismik wurden die von BGE zurückgegebenen Registriereinheiten ausgelesen, für jeden Anregungspunkt zeitlich ausgeschnitten sowie die vibroseismischen Daten korreliert und der BGE für weitere Untersuchungen übergeben (Tabelle 20). Abbildung 17 zeigt für eine Anregung die an jedem Untertagesensor registrierten Signale. Drei Sensoren haben aus unbekannten Gründen keine Daten registriert. Da Untertage kein Empfang des GPS-Zeitsignals bestand, und eine mögliche Drift der internen Uhr der Registriereinheiten nicht ermittelt wurde, ist es fraglich, ob die Daten mit den Anregungen an der Erdoberfläche exakt synchronisiert werden können, was beispielsweise für eine Geschwindigkeitsbestimmung notwendig wäre.

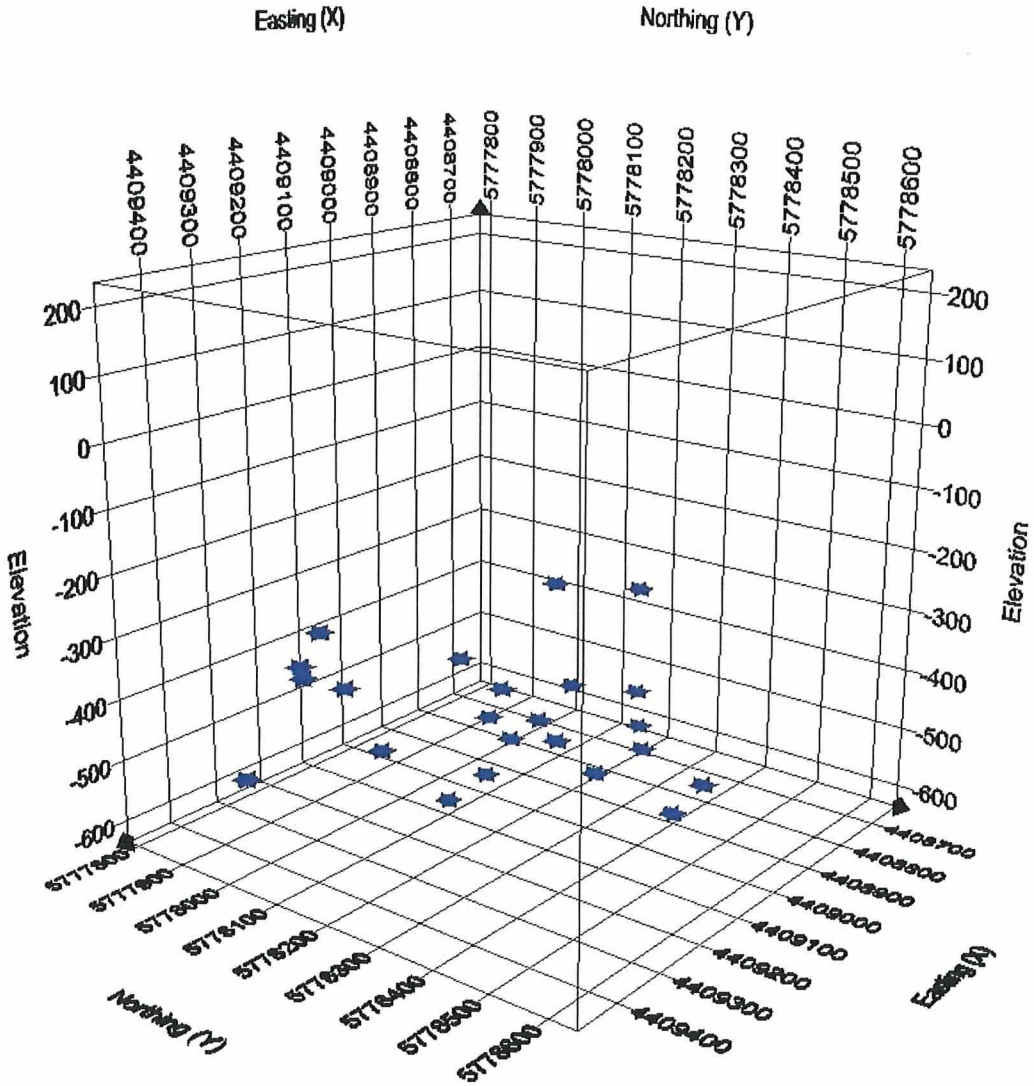


Abbildung 18: Räumliche Lage der in der Schachtanlage Asse II untertägig aufgestellten Registriereinheiten

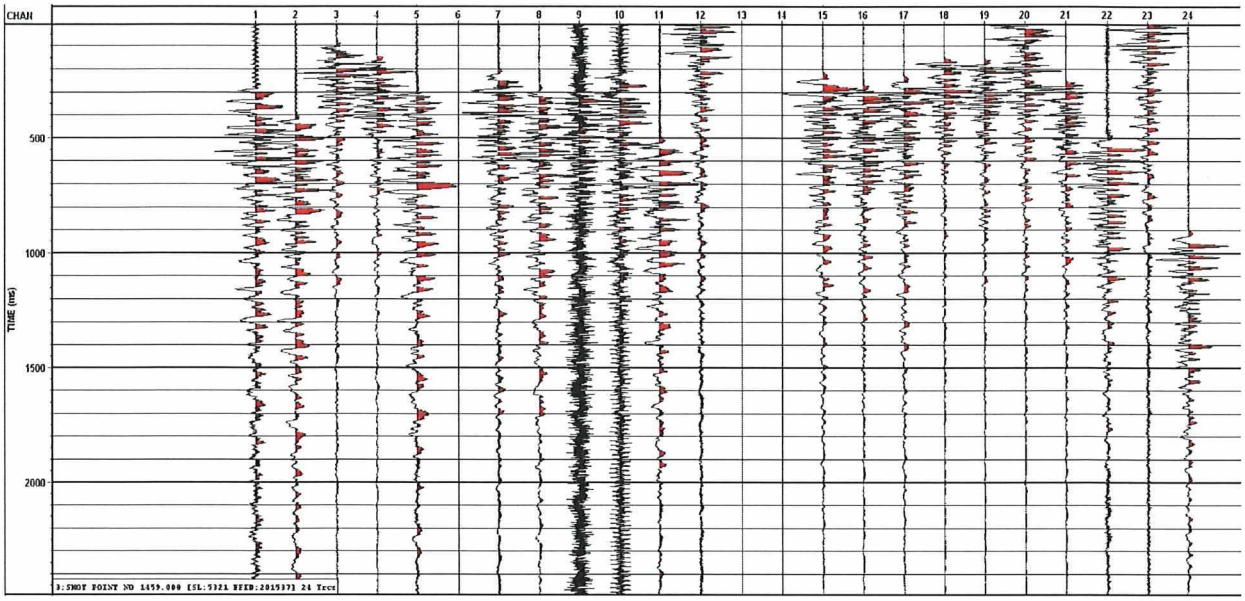


Abbildung 19: Beispiel für eine untertägige Registrierung in der Schachtanlage Asse II bei einer obertägigen Anregung

14.5 Datenaufbereitung

Nach Abschluss der seismischen Messungen am 20.02.2020 wurden die Registriereinheiten aus dem Feld eingesammelt, auf dem Hof des Truppbüros gereinigt und die seismischen Messdaten ausgelesen. Beim Einsammeln der Ausrüstung musste teilweise ein Metalldetektor verwendet werden, um vergrabene Registriereinheiten wiederzufinden. Das Auslesen der Daten erfolgte parallel in vier Racks, in denen die Daten von jeweils 32 Registriereinheiten innerhalb von ca. 10 Minuten gleichzeitig heruntergeladen werden können.

Die ausgelesenen Daten werden zunächst für jede Registriereinheit in einem Innoseis-internen Format (*.RAW) gespeichert und anschließend in das SEG-Y Format konvertiert, wobei die Daten dann nach Tagen, Stunden und Nummer der Registriereinheit sortiert sind. Bei dieser Konvertierung erfolgt außerdem eine Zuordnung der Nummer der Registriereinheit zu ihrer Empfängerposition im Feld (Matching). Dabei ist zu beachten, dass diese Position einer Registriereinheit im Laufe der Messung gewechselt haben kann. Während der seismischen Datenakquisition wurde eine Liste mit den exakten Zeiten (GPS-Zeitstempel) und den Positionen der ausgeführten Anregungen erzeugt, die Grundlage für das folgende Ausschneiden der Daten ist. Zu den Anregungszeitpunkten werden dann für jede vibroseismische Anregung 60 s (Sweep-Länge) plus 4 s (Registrierzeit) und für jede sprengseismische Anregung 4 s aus dem aufgezeichneten täglichen Datenstrom jeder Registriereinheit ausgeschnitten.

Nach dem Matching und dem Ausschneiden wird auf Basis der SPS-Daten (Kapitel 14.7) die jeweils aktive Auslage (hier feste Auslage, s. 14.2.3) dem jeweiligen Anregungspunkt zugeordnet (Fetching). Abschließend werden die Dateien vom SEG-Y Format in das Format SEG-D konvertiert, die vibroseismischen Daten werden außerdem korreliert und harmonischer Noise unterdrückt. Bei der Korrelation werden die einzelnen Werte entsprechend der folgenden Formel (1) normiert. Details zum Format SEG-D, in dem die aufbereiteten Daten nach Anregungspunkten sortiert abgespeichert werden, finden sich in Anhang 25. Die Aufbereitung der hier anfallenden extrem großen Datenmengen erfolgte in einem mobilen Rechenzentrum vor Ort (Tabelle 22). Für eine erste seismische Datenbearbeitung zur Qualitätskontrolle des gesamten Datensatzes wurde dann die Daten in das GT-Rechenzentrum in Toruń geschickt (Kapitel 14.8).

$$A(k) = \frac{O(k)}{An \cdot NS} \qquad (1)$$

A(k) normierter Wert
O(k) Originalwert
An Maximalwert des Pilotsignals für die Korrelation an der Stelle n
NS Anzahl der Werte in der seismischen Spur vor der Korrelation (gerundet auf den nächstgrößeren 2n-Wert)

14.6 Produktivität

Die Abbildung 20 zeigt die tägliche Anzahl der gemessenen Anregungspunkte (Vibroseismik und Sprengseismik) im gesamten Messzeitraum zwischen dem 17.01.2020 und dem 20.02.2020. Über die Gesamtdauer der seismischen Messungen wurde für die Vibroseismik an insgesamt 24 Messtagen mit überwiegend vier gleichzeitig im Slip-Sweep-Verfahren eingesetzten Vibrofahrzeugen eine durchschnittliche Leistung von 1.240,5 Anregungen pro Tag erreicht, wobei das Maximum mit 1.899 Anregungen am 05.02.2020 beim Einsatz von 5 Vibrofahrzeugen erzielt wurde. Die Sprengseismik fand an insgesamt 18 Tagen statt und der Schnitt lag hier bei 353,6 Anregungen pro Tag. An Tagen ohne vibroseismische Messungen wurden im Maximum bis zu 675 Anregungen pro Tag mit vier Sprengteams erzielt.
Am 01.02.2020 fand der Wechsel der seismischen Anregung von der Süd- auf die Nordseite des Messgebietes statt, wobei an diesem Tag ca. 5.000 Registriereinheiten umgebaut wurden und daher auch keine Messungen stattfanden. Vom 27.01.2020 bis zum 01.02.2020, dem Tag des Umbaus, ging die Produktion stark zurück, weil die Messungen auf den Feldern in der Südhälfte weitestgehend abgeschlossen und nur noch Anregungspunkte in den Ortschaften Sottmar und Wittmar sowie in deren näherer Umgebung und auf der B79 offen waren. Die Anregungspunkte in den beiden Ortschaften und deren Umgebung dauerten etwas länger, da sie durchgängig von Erschütterungsmessungen begleitet werden mussten. Außerdem wurde nicht mehr bis 22.00 Uhr angeregt, um in den Bereichen Beschwerden über Lärmbelästigungen zu vermeiden.
Aufgrund ergiebiger Regenfälle lief die Produktion auf der Nordseite des Messgebiets ab dem 02.02.2020 nur langsam an. Gebiete mit stärkerer Hangneigung waren mit den Vibrofahrzeugen durch die Regenfälle kaum befahrbar. Auf den flachen Feldern sammelte sich allerdings das Wasser, so dass auch dort die Gefahr bestand, dass sich die Vibrofahrzeuge festfuhren. Ab dem 04.02.2020 wurde zur Erhöhung der Produktion ein fünftes Vibrofahrzeug eingesetzt und auch das Wetter besserte sich.
Am 09.02.2020 führte allerdings das Sturmtief „Sabine“ zu einem vorzeitigen Abbruch der Messungen an diesem Tag. Aufgrund von Windbruch im Asse-Wald und vollkommen durchnässten, unbefahrbaren Feldern konnte nach Durchzug des Sturmtiefs am 10.02.2020 die Produktion nur mit sehr wenigen sprengseismischen Anregungen wieder aufgenommen werden. Aufgrund der Nässe und der Ablehnung der Landwirte konnten die vibroseismischen Messungen auf den Feldern erst am 15.02.2020 fortgeführt und damit an dem Tag auch beendet werden. Am 13.02.2020 fanden die vibroseismischen Messungen auf den befestigten Straßen und in den Ortschaften auf der Nordseite des Messgebiets statt. Am 20.02.2020 wurde die 3D-Seismik dann mit den letzten 596 sprengseismischen Anregungen am frühen Nachmittag erfolgreich abgeschlossen (Abbildung 21). Trotz der wetterbedingten Einschränkungen war die 3D-Seismik damit neun Tage eher fertig als geplant.
Insgesamt ließ sich eine sehr hohe Produktivität erzielen, wozu insbesondere das Slip-Sweep-Verfahren mit dem gleichzeitigen Einsatz von bis zu 5 Einzelvibratoren und die Verwendung der kabellosen Registriereinheiten beigetragen haben. In Abbildung 22 ist dies durch den sehr hohen Anteil der Zeit für die eigentliche Datenaufnahme (Recording) und den sehr geringen zeitlichen Anteil für die Instandhaltung der Messauslage (Spread maintenance) ersichtlich.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

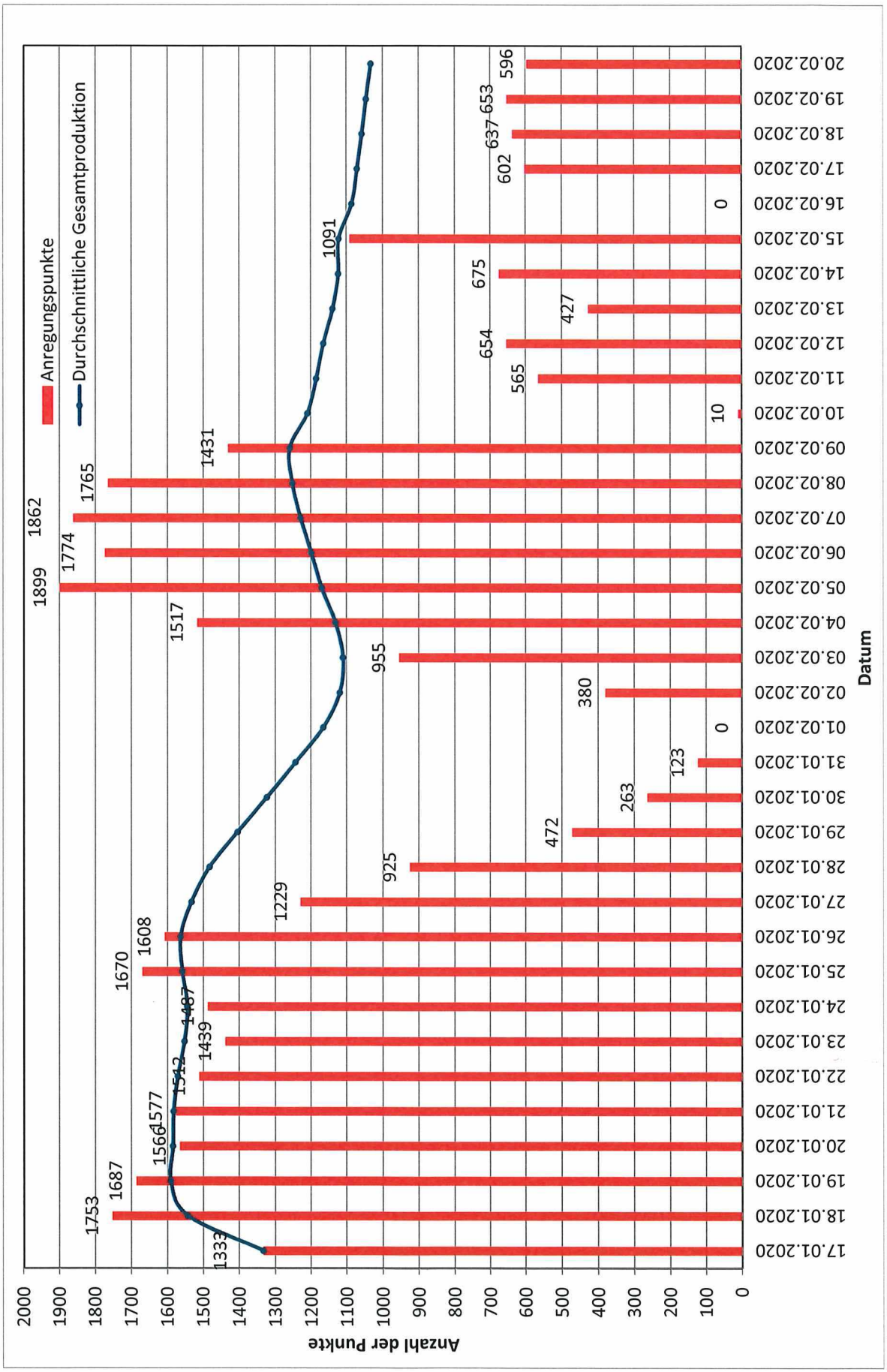


Abbildung 20: Tägliche Anzahl der Anregungspunkte

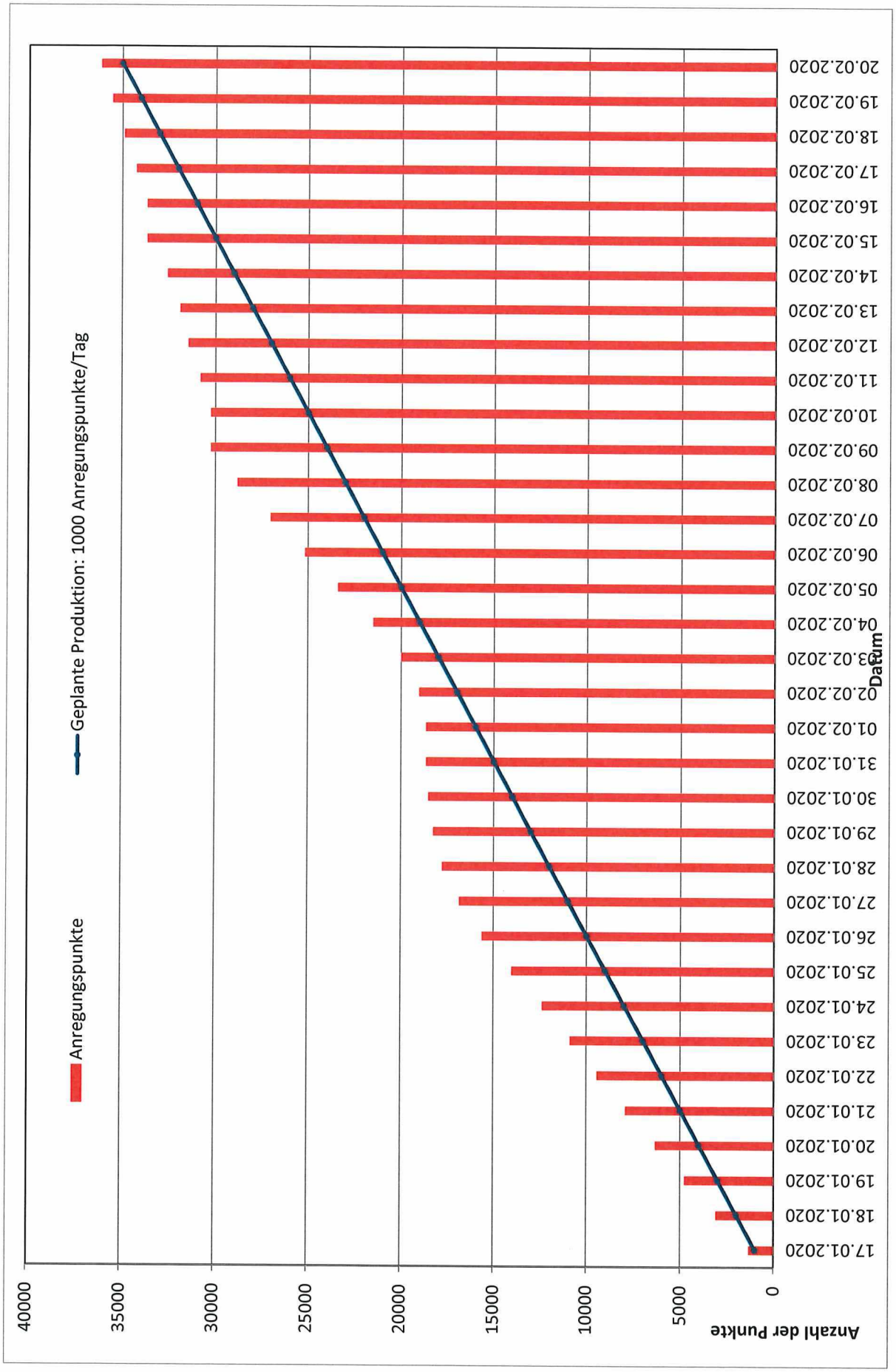


Abbildung 21: Kumulative Anzahl der Anregungspunkte

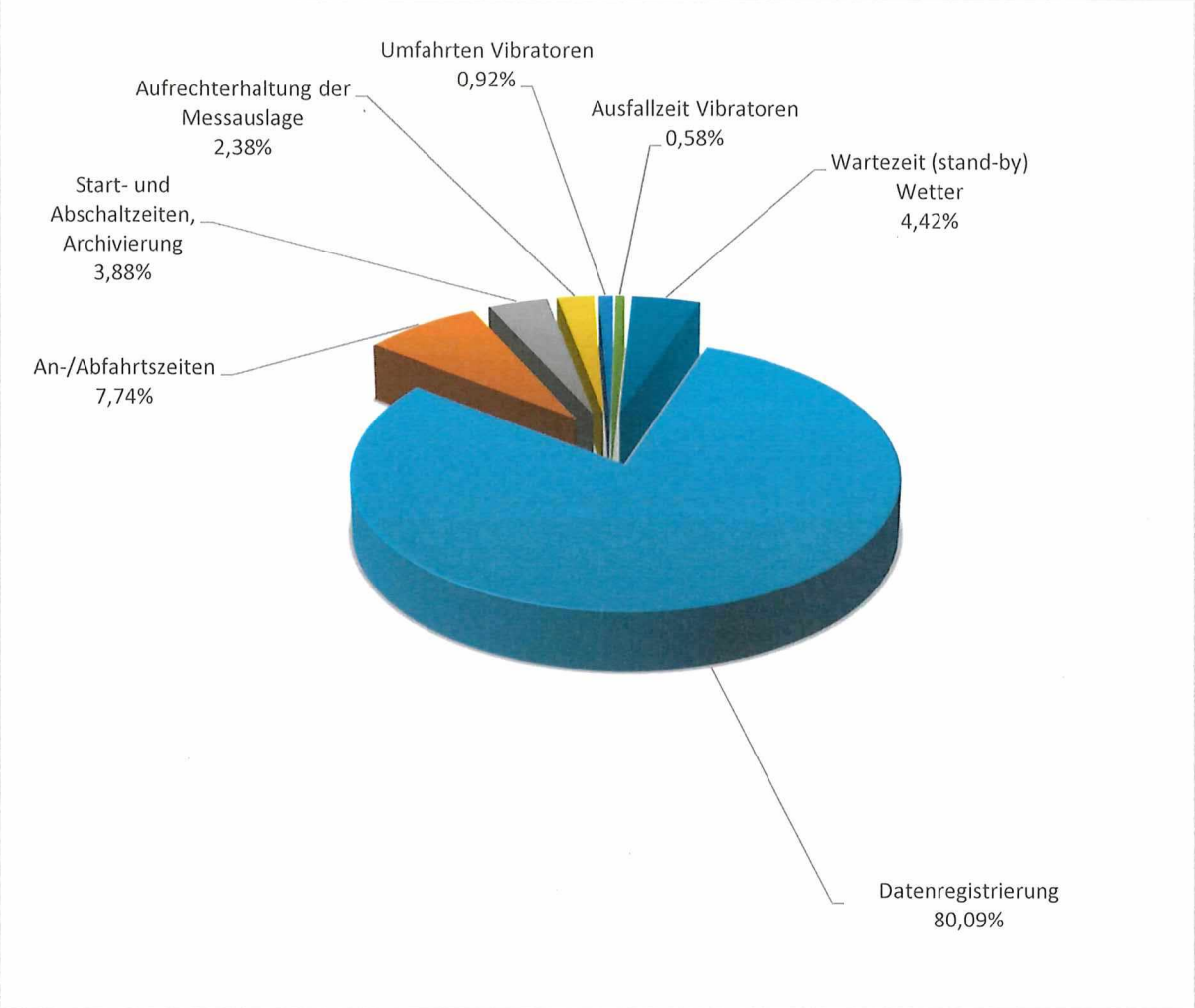


Abbildung 22: Verteilung der Arbeitszeiten auf einzelne Tätigkeiten während der seismischen Messung

14.7 Statistische Daten

In der Planung der 3D-Seismik Asse waren nominell 46.140 Empfangspunkte und 40.860 Anregungspunkte auf einer auf einer Fläche von 36,5 km² vorgesehen.
Von den nominell 46.130 geplanten Empfangspunkten im Messgebiet konnten 44.677 eingemessen und 44.380 (entspricht 96,2 %) letztendlich verwendet werden. 1.750 Empfangspunkte fielen überwiegend aufgrund von Flächen ohne Betretungsgenehmigungen weg, ein kleinerer Teil davon musste wegen „toter" Spuren oder zu hohem Noise in der Qualitätskontrolle aussortiert werden (Tabelle 17). Beispiele für geplante, eingemessene und registrierte sowie weggefallene Empfängerpunkte sind in Tabelle 25 und Tabelle 27 in Kapitel 16.5 aufgeführt.

Anhang 22 und Anhang 24 sind vollständige Listen der geplanten, eingemessenen und registrierten sowie weggefallenen Empfängerpunkte zu finden.
Von den nominell 40.860 geplanten Anregungspunkten konnten 36.137 bei der 3D-Seismik (entspricht 88,4 %) realisiert werden. 3.928 Anregungspunkte konnten nicht verlegt werden und fielen aufgrund von Flächen ohne Betretungsgenehmigungen und wegen Sicherheitsabständen zu Gebäuden, Wasser- und Gasleitungen, Bohrungen, Grundwassermessstellen und Gewässern weg. Ungefähr 795 Anregungspunkte fielen während der Produktion aufgrund von nach starken Regenfällen nicht mehr befahrbaren, nassen Feldern im Nordteil des Messgebiets und wegen den Ergebnissen der Erschütterungsmessungen in Ortschaften weg. Weitere 17 Anregungspunkte wurden im Rahmen der Qualitätskontrolle aussortiert. Die 36.120 verwendbaren Anregungspunkte teilen sich auf in 29.771 Vibropunkte und 6.349 Sprengpunkte. Beispiele für geplante, eingemessene und registrierte sowie weggefallene Anregungspunkte sind in Tabelle 24 und Tabelle 26 (Kapitel 16.5) aufgeführt. Im Anhang 21 und Anhang 23 sind vollständige Listen der geplanten, eingemessenen und registrierten sowie weggefallenen Anregungspunkte zu finden.
Tabelle 16 fasst die wichtigsten Parameter hinsichtlich der realisierten Anzahl der Empfänger- und Anregungspunkte sowie Flächen zusammen. Einzelne Flächen ohne Betretungsgenehmigungen, die innerhalb der Messfläche liegen sind in der Flächenberechnung nicht enthalten.

Tabelle 16: Statistische Daten der abgeschlossenen 3D-Seismik

Statistische Daten	Wert
Fläche der Anregungspunkte	~35.984 km²
Fläche der Empfängerpunkte	~35.627 km²
Gesamtanzahl der Anregungspunkte – Vibroseismik	29.771
Gesamtanzahl der Anregungspunkte – Sprengseismik	6.349
Gesamtanzahl aller Anregungspunkte	36.120
Gesamtanzahl der Anregungslinien	88
Gesamtanzahl der seismischen Spuren	1.487.782.800
Gesamtanzahl der seismischen Spuren ohne nicht belegte Stationen (open channels)	1.427.597.868
Gesamtanzahl der Empfängerpunkte	44.380
Gesamtanzahl der Empfängerlinien	101

Von den 29.771 vibroseismischen Anregungspunkten wurden 28.496 (entspricht 95,9 % aller Vibropunkte) mit der regulär vorgesehenen Kraft von 70 % der Maximalkraft angeregt (Tabelle 18). In Ortschaften wurden 669 Anregungspunkte (entspricht 2,2 % aller Vibropunkte) mit einer reduzierten Kraft von 15 % gemessen. Auf eine Anregungskraft von 50 %, die meist auf Feldern im näheren Umfeld von Ortschaften eingesetzt wurde, entfallen 606 Anregungspunkte (entspricht 2,0 % aller Vibropunkte).
Die regulär vorgesehene Ladungsmenge für die Sprengseismik war 970 g, was bei 5.496 Anregungspunkten (entspricht 86,6 % aller Sprengpunkte) auch zum Einsatz kam (Tabelle 18). Bei der Annäherung zu bestimmten Objekten wurde die Ladungsmenge üblicherweise auf 485 g oder 220 g reduziert. Andere Ladungsmengen wurden nur dann verwendet, damit die in unterschiedlichen Stückelungen gelieferten Sprengladungen zum Ende des Projekts vollständig verbraucht wurden.
Abhängig von der Kraft und abhängig von Ladungsmenge sind alle Anregungsunkte mit einem bestimmten Code versehen (Tabelle 18), z. B. E1 für einen Sprengpunkt mit einer Ladungsmenge von 0,970 kg. Alle Informationen zu den realisierten Anregungspunkten, wie der Code für die seismische Quelle, Koordinaten, Höhe, Punktnummer, seismisches Datum, statische Korrektur, Bohrlochtiefe, Aufzeit sind in einer SPS-Datei enthalten. Entsprechende Informationen über die Empfänger finden sich in einer RPS-Datei. Eine XPS-Datei stellt die Verbindung zwischen den einzelnen Anregungspunkten und den jeweils registrierenden Empfängerpunkten her. Das Format der SPS-Dateien (SPS-, RPS-, XPS-Dateien) wurde auf Kompatibilität mit dem vom SEG Technical

Standards Committee herausgegebenen SPS-Standards des Shell Processing Support Formats, Revision 2.1 [7] geprüft.

Tabelle 17: Quantitative Verteilung der Empfängerpunkte

Code	Konfiguration Empfängerpunkte	Anzahl	% Anteil
G1	Innoseis Tremornet Registriereinheiten / Geophone	44.380	96,21 %
KL	nicht belegt	1.750	3,79 %
	Gesamtanzahl der Empfängerpunkte	**46.130**	***100***

Tabelle 18: Quantitative Verteilung der Anregungspunkte

Code	Anregungsunkte Vibroseismik	Anzahl	% Anteil
V1	1 Vibroseis HEMI 50 x 1 Sweep x 70% Kraft, 60 s Sweep	28.496	78,893 %
V2	1 Vibroseis HEMI 50 x 1 Sweep x 50% Kraft, 60 s Sweep	606	1,678 %
V3	1 Vibroseis HEMI 50 x 1 Sweep x 15% Kraft, 60 s Sweep	669	1,852 %
	Gesamtanzahl Anregungspunkte – Vibroseismik	**29.771**	***82,422 %***
Code	**Anregungsunkte Sprengseismik**		
E1	1 Bohrung x 0,970 kg	5.496	15,216 %
E2	1 Bohrung x 0,485 kg	734	2,032 %
E3	1 Bohrung x 0,220 kg	84	0,233 %
E4	1 Bohrung x 1,455 kg	6	0,017 %
E5	1 Bohrung x 0,880 kg	26	0,072 %
E6	1 Bohrung x 0,440 kg	2	0,006 %
E7	1 Bohrung x 0,925 kg	1	0,003 %
	Gesamtanzahl Anregungspunkte – Sprengseismik	**6.349**	***17,578 %***
	Gesamtanzahl Anregungspunkte	**35.120**	***100 %***

14.8 Seismische Datenbearbeitung zur Qualitätskontrolle

Zur Qualitätskontrolle wurden die seismischen Daten im Daten-Prozessing-Center von GT in Toruń einer schnellen und vereinfachten Bearbeitung bis hin zur Stapelung und Post-Stack-Migration unterzogen. Einzelne Schritte dieser Qualitätskontrolle und Datenbearbeitung sind in drei Wochenberichten dokumentiert (Anlage 3).
Die seismischen Rohdaten wurden am 08.03. und 11.03.2020 auf QNAP-Festplatten vom Messtrupp an das Daten-Prozessing-Center in Toruń übergeben. Die Bearbeitung wurde auf einem 5 m x 5 m Raster (Bin-Gitter) mit den in Tabelle 19 aufgeführten Bin-Parametern durchgeführt. Die Lage und Ausdehnung des Bin-Gitter sind mit den begrenzenden In- und Crossline-Nummerierungen in Abbildung 23 dargestellt. Das Bin-Gitter enthält alle gemessenen seismischen Spuren.

Tabelle 19: Binning Parameter

Binning Parameter		Wert
Koordinatenursprung des Bin-Gitters	Rechtswert [m]	4404541.96
	Hochwert [m]	5776694.24
Azimut – Inline		125,00°
Bin-Größe (Untergrund)		5 m x 5 m

Binning Parameter	Wert
Bin-Nummerierung – Inline	991 – 2510
Bin Nummerierung – Crossline	991 – 2010
Anzahl der Bins – Inline	1520
Anzahl der Bins – Crossline	1020

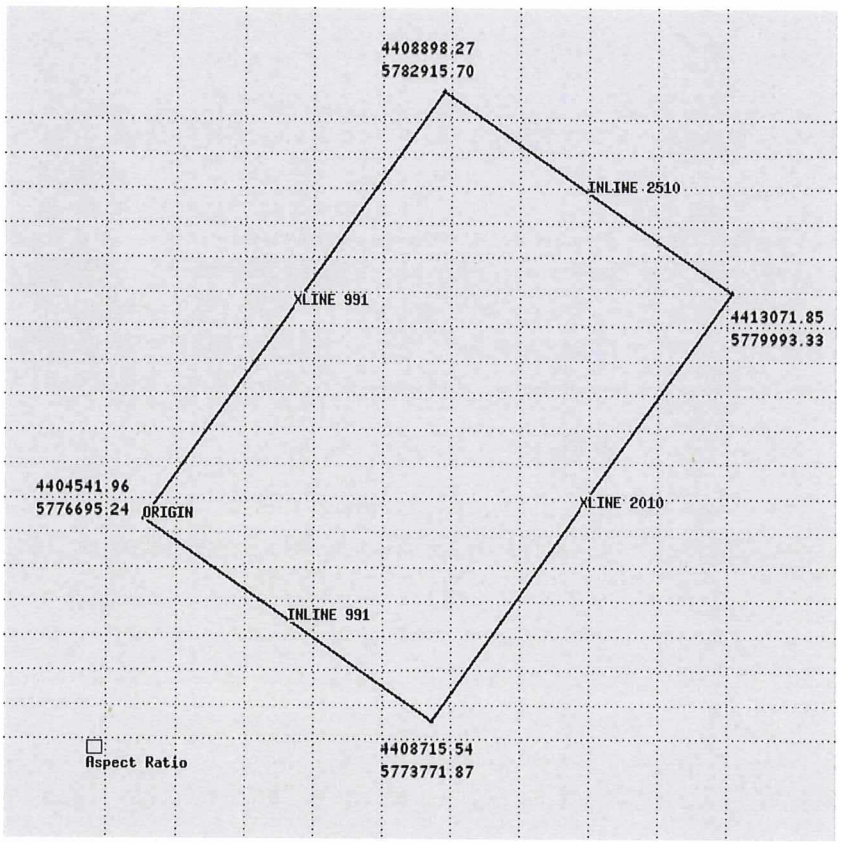


Abbildung 23: Eckkoordinaten und Nummerierungen der In- und Crosslines des Bin-Gitters

14.8.1 Seismische Datenbearbeitungssequenz

Die seismische Datenbearbeitung zur Qualitätskontrolle umfasste die nachfolgend aufgezählte vereinfachte Prozessing-Sequenz bis zur finalen Stapelung und finalen Post-Stack Zeitmigration:

1. Laden der seismischen Felddaten im SEG-D-Format
2. Zuordnung der Geometrieinformationen zu den seismischen Daten in der Datenbasis und in den Spurköpfen
3. Editierung, Löschen "toter" Spuren
4. Minimum Phasen Transformation der Daten mit Vibrationsanregung zur Anpassung an die Daten mit Sprenganregung
5. Ausgleich der sphärischen Divergenz: Zeitabhängige Amplitudenregelung „time to a power 1.5"
6. Einzelspur Spike Dekonvolution: Operatorlänge 160 ms, Aufweißen 0,1 %
7. Höhenstatik: Datum 200 m, Ersatzgeschwindigkeit 2.100 m/s
8. NMO-Korrektur
9. NMO-Mute (CDP muting)
10. Automatische Amplitudenregelung AGC 500 ms
11. CDP Stapelung
12. FXY Dekonvolution

13. Automatische Amplitudenregelung: AGC 500 ms
14. SEG-Y Datenausgabe Finale Stapelung
15. Post-Stack-Zeitmigration: Phase Shift Migration, Migrationsgeschwindigkeit = 95 % der RMS Stapelgeschwindigkeiten
16. SEG-Y Datenausgabe: Finale Post-Stack-Zeitmigration

14.8.2 Geschwindigkeitsanalysen

Die zur Bestimmung der NMO-Korrekturen (Punkt 8 der obigen Prozessing-Sequenz) notwendigen Geschwindigkeitsanalysen wurden auf einem Raster von etwa 1,0 km x 1,0 km mit zusätzlichen Punkten im Zentrum der Messfläche entsprechend der Darstellung in Abbildung 24 ausgeführt. Dieses entspricht etwa jeder 200. Inline und jeder 200. Crossline. Eckpunkte wurden aufgrund eingeschränkter Offsetbereiche nicht analysiert. Die Analysepunkte lagen zwischen den Inlines 1160 und 2360 sowie den Crosslines 1120 und 1920. Zusätzliche Analysepunkte befanden sich zwischen den Inlines 1460 und 2060 sowie den Crosslines 1420 und 1620.
Zur Geschwindigkeitsanalyse wurden jeweils die Daten aus 81 benachbarten Bins (9 Inline-Bins × 9 Crossline-Bins) verwendet und zusammengefasst (Supergather-Bildung), wobei der Analysepunkt im zentralen Bin liegt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

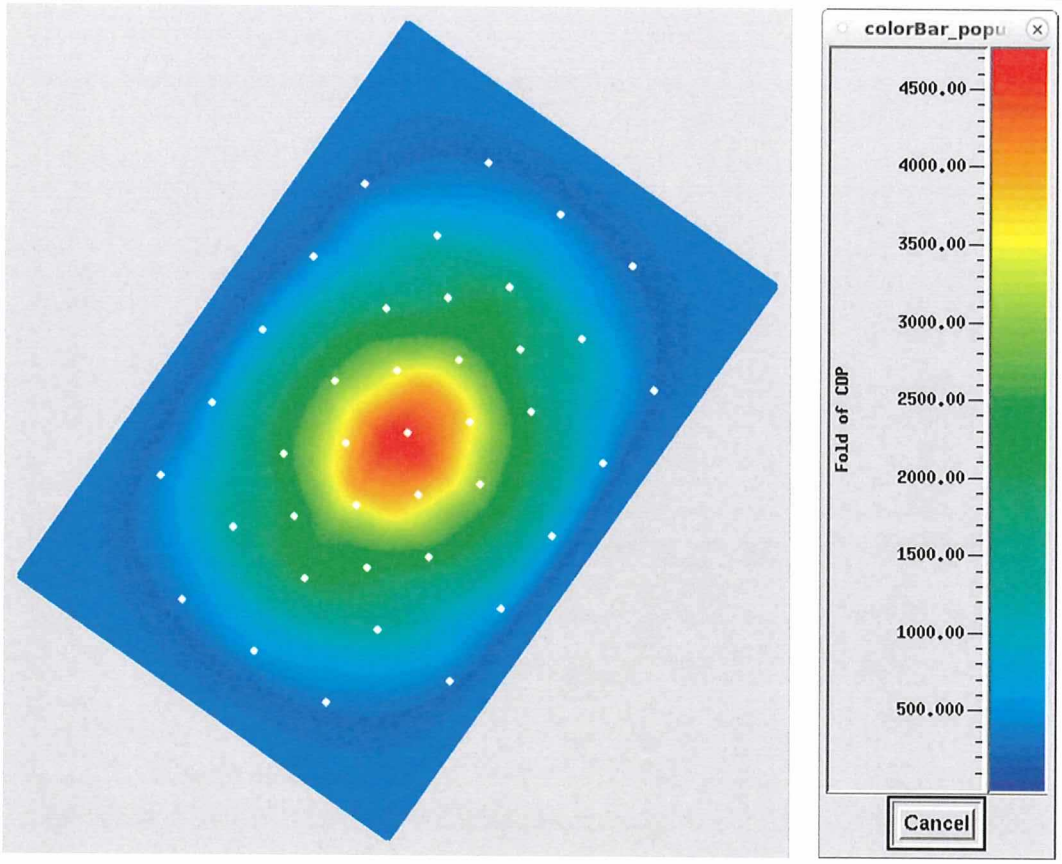


Abbildung 24: Lage der Geschwindigkeitsanalysepunkte (weiß) vor dem Kartenhintergrund des CMP-Überdeckungsgrads

In den nachfolgenden Abbildungen sind drei Beispiele für Geschwindigkeitsanalysen dargestellt, und zwar für jeweils einen Analysepunkt auf der Südflanke der Asse-Struktur (Abbildung 25), auf dem Top der Asse-Struktur (Abbildung 26) und auf der Nordflanke der Asse-Struktur (Abbildung 27).
Bei den Geschwindigkeitsanalysen (z. B. in Abbildung 25) werden Stapelgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Laufzeit festgelegt. Dieses kann mit Hilfe von Semblance-Analysen (dargestellt im linken Panel der Abbildung) oder/und mit Hilfe von Probestapelungen mit verschiedenen konstanten Geschwindigkeiten (dargestellt im rechten Panel, in dem auch die Lage des Analysepunktes eingeblendet ist) erfolgen. In beiden Panels nimmt die Geschwindigkeit von links nach rechts zu. Der festgelegte Geschwindigkeitsverlauf mit der nach unten zunehmenden Laufzeit ist im linken Panel durch die verbundenen weißen Punkte dargestellt, im rechten Panel entsprechend durch die verbundenen roten Punkte. In den beiden mittleren Panels sind zudem das mit den aktuellen Stapelgeschwindigkeiten NMO-korrigierte und nach Offset sortierte CMP-Supergather (2. Panel von links) sowie das resultierende Stapelergebnis im Bereich des Analysepunktes (3. Panel von links) dargestellt.
Entsprechend der am jeweiligen Analysestandort vorgefundenen Geologie mit ihrem Angebot an Reflektoren kann die Festlegung von Stapelgeschwindigkeiten für Analysepunkte auf der Südflanke (Abbildung 25) und auf der Nordflanke der Assestruktur (Abbildung 27) besser und genauer erfolgen als im Top-Bereich, wo keine markanten Reflektoren im Salz vorhanden sind.

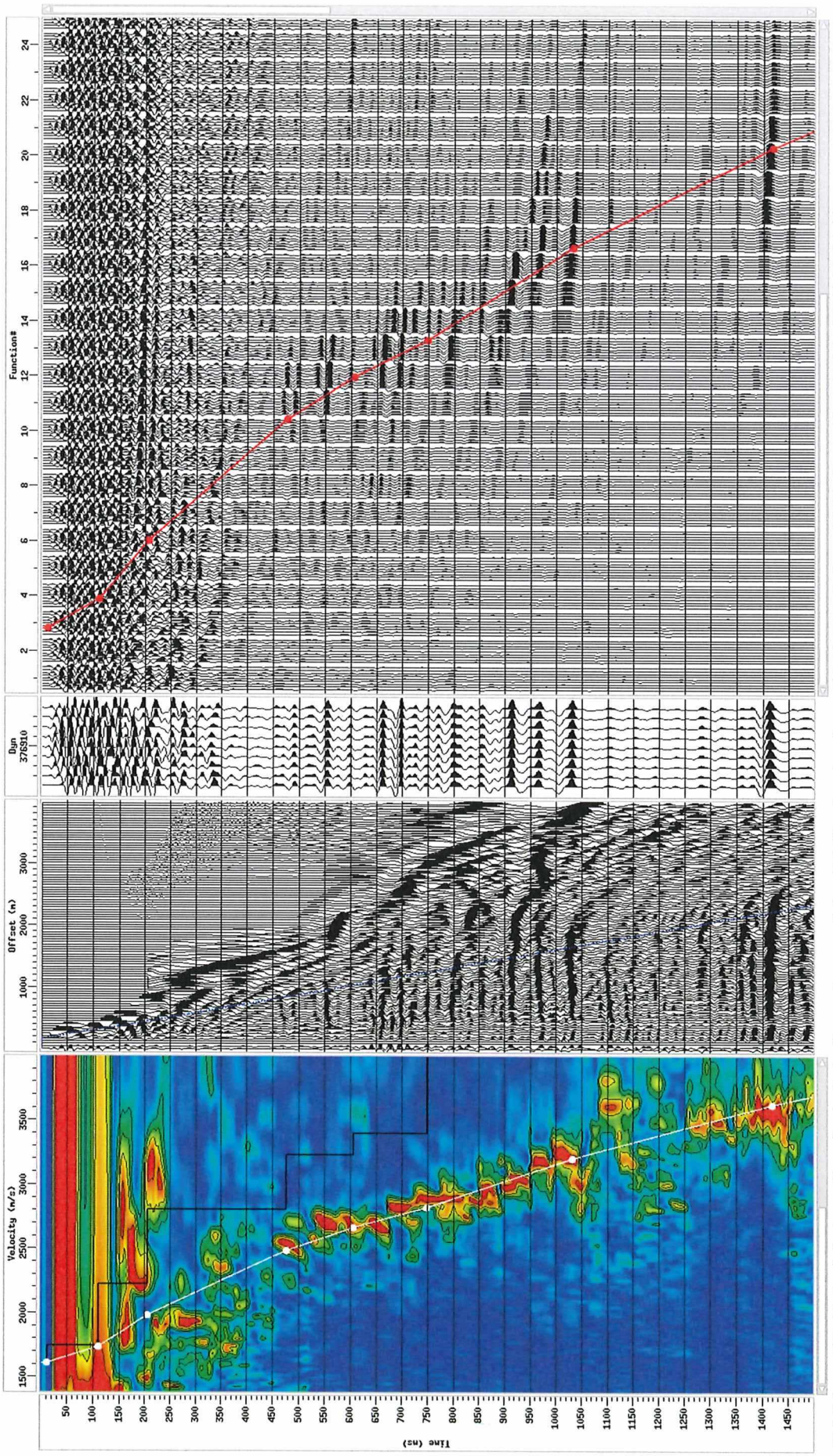


Abbildung 25: Beispiel einer Geschwindigkeitsanalyse auf der Südflanke der Asse-Struktur – Inline 1360, Crossline 1520, CDP 376910

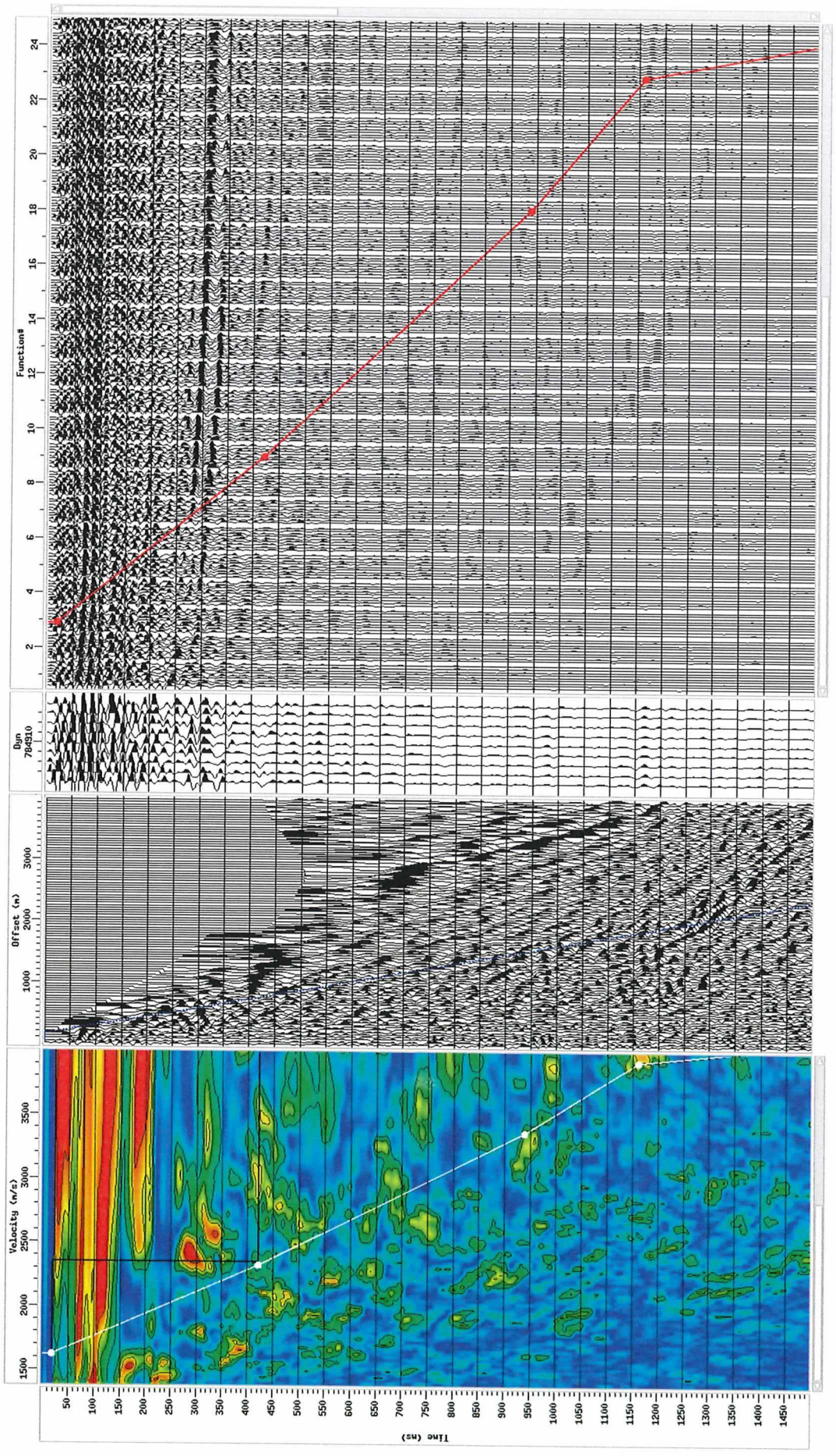


Abbildung 26: Beispiel einer Geschwindigkeitsanalyse auf dem Top der Asse-Struktur – Inline 1760, Crossline 1520, CDP 784910

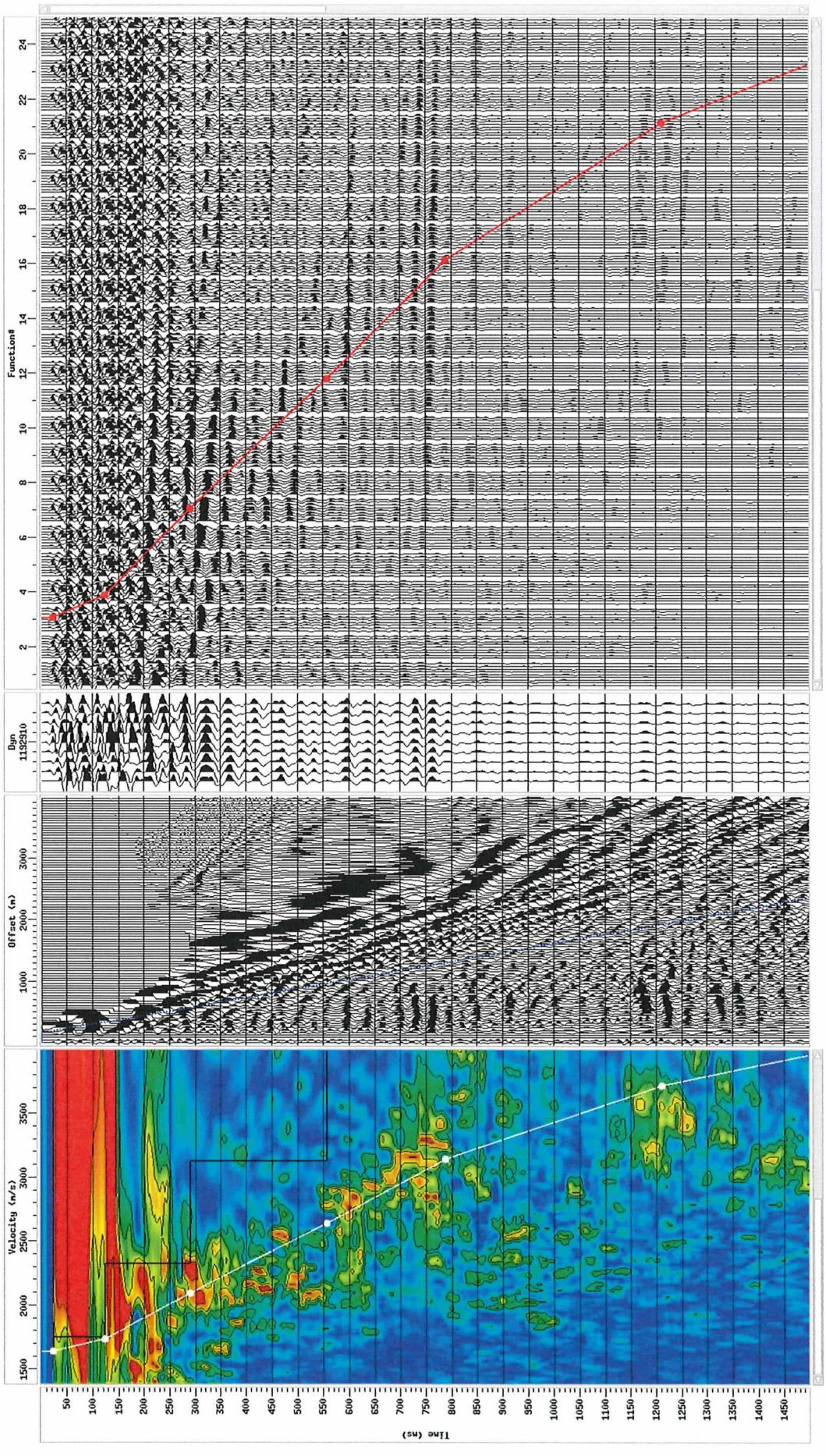


Abbildung 27: Beispiel einer Geschwindigkeitsanalyse auf der Nordflanke der Asse-Struktur – Inline 2160, Crossline 1520, CDP 1192910

14.8.3 Seismische Daten / Spektralanalysen

In den Abbildungen Abbildung 31 bis Abbildung 34 in Kapitel 16.6 werden beispielhaft die Frequenzspektren für vibroseismische und sprengseismische Anregung vor der Bearbeitung (Rohdaten) und nach der Bearbeitung miteinander verglichen, die aus den in den Abbildungen Abbildung 35 bis Abbildung 38 im Kapital 16.6 dargestellten Seismogrammen berechnet wurden.
In den Abbildungen Abbildung 31 und Abbildung 32 in Kapitel 16.6 sind die Frequenzspektren einer einzelnen vibroseismischen Anregung im Vergleich vor und nach der Bearbeitung dargestellt. Durch die Bearbeitung werden insbesondere die im Rohdatenspektrum (Abbildung 31) fehlenden Spektralanteile ab etwa 45 Hz angehoben, so dass insgesamt im Frequenzbereich zwischen 6 Hz und 120 Hz ein ausgeglichenes Spektrum erzielt wird (Abbildung 32).
Auch der in den Abbildungen Abbildung 33 und Abbildung 34 in Kapitel 16.6 dargestellte Vergleich der Frequenzspektren einer einzelnen Sprenganregung vor und nach der Bearbeitung zeigt, dass bei den mit Sprenganregung generierten Daten durch die Bearbeitung ein weitestgehend ausgeglichener, flacher Verlauf des Spektrums im Frequenzbereich zwischen 6 Hz und 120 Hz und darüber hinaus (Abbildung 34) zu erzielen ist - trotz des lediglich bis etwa 25 Hz dominierenden, d. h. im Vergleich zur Vibrationsanregung schmalbandigeren Rohdatenspektrums (Abbildung 33).
Durch die Angleichung der Spektren der vibroseismischen und sprengseismischen Daten lässt sich insgesamt ein homogenes Stapelergebnis mit vergleichbarer Auflösung erzielen, unabhängig von den lokal zur Stapelung beitragenden Records unterschiedlicher Anregungsart.

14.8.4 Finale Stapelung und Post-Stack Zeitmigration

Die Stapelergebnisse und die Post-Stack Zeitmigration der Datenbearbeitung zur Qualitätskontrolle werden im Folgenden für ausgewählte In- und Crosslines des 3D Cubes präsentiert (Abbildung 39 bis Abbildung 44 und Abbildung 45 bis Abbildung 50). Dieses sind die parallel zur Asse-Struktur verlaufenden Inline 1200 (Südflanke), Inline 1750 (Top) und Inline 2300 (Nordflanke) sowie die Asse-Struktur querende Crossline 1200 (Westen), Crossline 1500 (Zentral) und Crossline 1800 (Ost) (Abbildung 28).
Stapelungen und Migrationen zeigen im Laufzeitbereich zwischen ca. 1100 ms Zwei-Wege-Laufzeit unter dem Top der Asse-Struktur bis etwa 1400 ms Zwei-Wege-Laufzeit die Zechsteinbasis als tiefsten interessierenden Horizont. Das Deckgebirge wird erwartungsgemäß insbesondere auf der Süd- und Nordflanke in guter Qualität und hoher Auflösung abgebildet. Auch die steil stehenden Flanken sind auf den die Asse Struktur querenden Profilen im Rahmen des vereinfachten QC-Prozessings bereits gut zu erkennen, so dass mit dem akquirierten 3D-seismischen Datensatz eine zuverlässige, hochauflösende Datengrundlage für die weitere Bearbeitung zur Verfügung steht, welche eine sehr gute, detailreiche seismische Abbildung der Asse-Struktur erwarten lässt.
Zur Vervollständigung der Ergebnisdarstellungen werden für den unmigrierten und den Post-Stack migrierten 3D-Cube jeweils drei Zeitscheiben (bei 500 ms, 1000 ms und bei 1500 ms Zwei-Wege-Laufzeit) in den Abbildungen Abbildung 51 bis Abbildung 53 (Finale Stapelung) und Abbildungen Abbildung 54 bis Abbildung 56 (Finale Post-Stack Migration) jeweils in Kapitel 16.6 gezeigt. Außerdem gewährt in Abbildung 57 der aufgeschnittene, migrierte Cube in einer räumlichen 3D-Darstellung einen Blick ins Innere der Asse-Struktur.

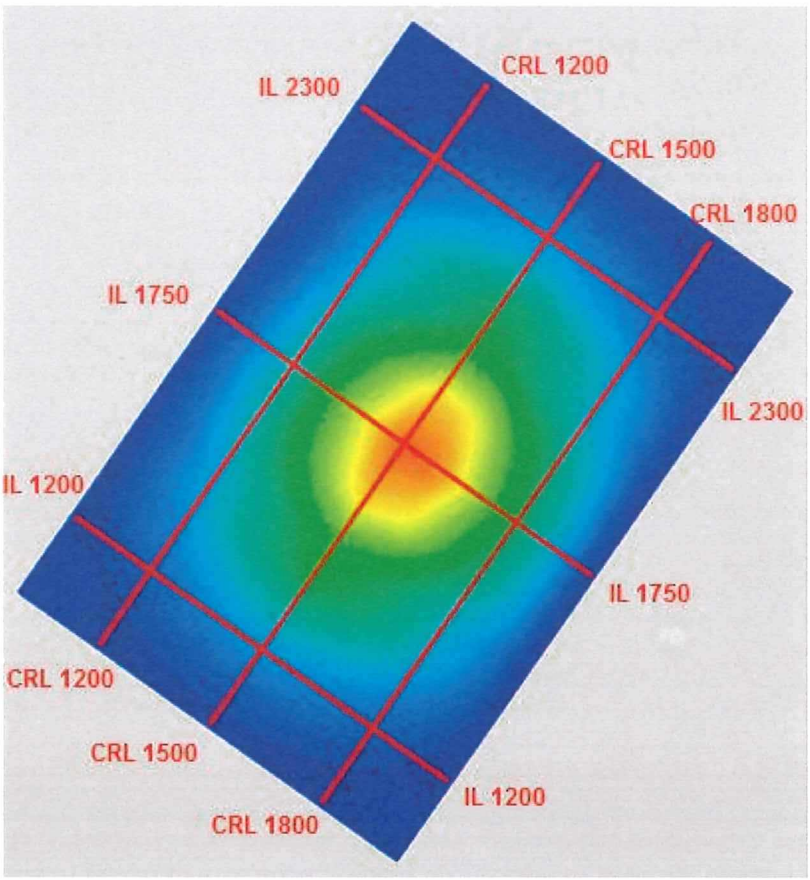


Abbildung 28: Lage der in den Abbildungen 39-44 bzw. 45-50 dargestellten In- und Crosslines vor dem Kartenhintergrund des CMP-Überdeckungsgrads

15 Zusammenfassung

Um den geologischen Kenntnisstand über die Asse-Struktur zu erweitern, hat die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) als Betreiber der Schachtanlage Asse II die Geofizyka Toruń S.A. (GT) mit der Durchführung einer seismischen Messkampagne (hochauflösende 3D-Seismik, VSP-Messungen, Nahlinien) beauftragt. Ziele der 3D-Seismik sind die lagerichtige räumliche Abbildung der Salzumhüllenden und des Salzspiegels im zentralen Bereich der Salzstruktur der Asse, die Charakterisierung potentieller Migrationspfade von Lösungszutritten, die Erlangung von detaillierten Kenntnissen über den Aufbau des Deckgebirges, sowie die großräumige Erfassung von Störungen und deren Charakterisierung. Die seismische Messung soll eine Erkundungstiefe von 200 m bis ungefähr 2.000 m sicherstellen.

Hauptbestandteil der Messkampagne war die Durchführung einer 3D-Seismik mit 36.137 realisierten Anregungspunkten, davon 29.773 vibroseismischen und 6.364 sprengseismischen Anregungen sowie 44.380 verwendbaren Empfangspunkten, auf 88 Anregungslinien, 101 Empfangslinien und einer Gesamtfläche von ca. 36,5 km². Die VSP-Messungen erfolgten in vier bestehenden Bohrungen in Tiefenbereichen zwischen 230 m und 660 m. Die vibroseismische Anregung für die VSP-Messungen erfolgte von jeweils drei Anregungspunkten mit unterschiedlichem Abstand und Azimut zur jeweiligen Bohrung.

Das Einholen von Betretungsgenehmigungen begann, unabhängig von der späteren Auftragsvergabe an GT, bereits Ende 2018 weit im Vorfeld der Seismik und stellte eine große Herausforderung dar. Es gelang für 93 % der Fläche des Messgebiets Betretungsgenehmigungen einzuholen, so dass die Seismik durchgeführt werden konnte. Die seismische Messkampagne wurde durchgängig vom Permit begleitet und alle während der Messungen auftretenden Schwierigkeiten mit Landwirten oder Anwohner wurden einvernehmlich gelöst.

Aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung der Messfläche sowie der Berücksichtigung naturschutzrechtlicher Belange war es notwendig, die umfangreiche Messung in sehr kurzer Zeit durchzuführen. Die Energieanregung erfolgte daher im Slip-Sweep-Verfahren mit vier bis fünf an unterschiedlichen Stellen im Messgebiet arbeitenden Einzelvibratoren sowie der Datenregistrierung mit einem kabellosen Messsystem. Nach einer Feldbegehung und einem Fachgespräch im März 2019 sowie einer anschließenden Vermessung der Rückegassen im Asse-Wald wurde außerdem beschlossen die Richtung der Anregungslinien (und damit auch der Empfängerlinien) gegenüber der ursprünglichen Planung um 90° zu drehen. Dies ermöglichte es zahlreiche Bohrungen auf den forstwirtschaftlichen Rückegassen zu erstellen, was eine weitere erhebliche Zeitersparnis erbrachte und den Eingriff in die Natur minimierte.

Die Einmessung aller Anregungs- und Empfangspunkte sowie das Erstellen der Bohrungen für die sprengseismischen Anregungen begannen Ende September bzw. Anfang Oktober 2019 und wurden bis zum 16.12.2019 abgeschlossen. Zur Erstellung der Bohrungen, die im Schnitt eine Tiefe von 8,43 m aufwiesen, kamen 17 gleichzeitig arbeitende Teams mit tragbaren und auf Traktoren montierten Bohrgeräten zum Einsatz. Alle sprengseismischen Anregungspunkte sowie kleinere Abschnitte auf den vibroseismischen Anregungslinien wurden während der Einmessung auf Kampfmittelfreiheit geprüft. Die eigentlichen 3D-seismischen Messungen erfolgten im Zeitraum vom 17.01.2020 bis zum 20.02.2020, wobei an 35 Messtagen ein Schnitt von 1.032,5 Anregungspunkten pro Tag erzielt wurde. Das Maximum lag am 05.02.2020 mit 1.899 vibroseismischen Anregungen beim Einsatz von bis zu fünf Vibrofahrzeugen im Slip-Sweep-Verfahren. Alle seismischen Messungen in bebauten Gebieten wurden von Erschütterungsmessungen begleitet. Die VSP-Messungen fanden im Zeitraum vom 08.01. bis 12.01.2020 statt. Hinzu kam die im letzten Quartal 2019 durchgeführte Messung von insgesamt 155 Nahlinien für die 3D-Seismik zur Ermittlung der Geschwindigkeiten im oberflächen-nahen Untergrund.

Die enormen Datenmengen der 3D-Seismik von über 300 TB wurden vor Ort ausgelesen und aufbereitet. Dafür kam ein mobiles Rechenzentrum zum Einsatz, was von GT extra für die Erfordernisse dieses Projektes zusammengestellt wurde. Eine erste Datenbearbeitung zur Qualitätskontrolle zeigte, dass für das Ziel des Projektes, eine hochauflösende, detaillierte, strukturelle Abbildung der Asse-Struktur und des Deckgebirges zu erstellen, eine sehr solide und umfangreiche Datenbasis vorliegt.

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Alle Arbeiten wurden innerhalb der zeitlichen Planung durchgeführt – die 3D-Seismik konnte sogar neun Tage vor dem durch naturschutzfachliche Auflagen vorgegebenen Termin Ende Februar abgeschlossen werden. Während der gesamten Projektablaufs traten keine Unfälle mit Personen-, Umwelt-, oder Sachschäden auf.

In enger, professioneller und sehr konstruktiver Zusammenarbeit mit der BGE und der Fremdbauüberwachung konnte so die 3D-Seismik Asse erfolgreich abgeschlossen werden.

16 Begleitende Unterlagen

16.1 Dokumentation

Tabelle 20: Liste der an BGE übergebenen Daten und Dokumente

Nr.	Beschreibung	Medium	Anzahl	Inhalt	Transmittal Nummer	Übergabe Datum
1	Vertical Seismic Profiling - VSP	USB	1	SEG2, SEGY, Feldbericht für 4 Bohrungen: GW-018, GW-020, GW-021, GW-023	DE24_001	13.01.2020
2	Erschütterungsmessungen	USB	1	Datenbasis Erschütterungsmessunge und Messprotokolle	DE24_002	18.02.2020
3	Daten von der Untertage-Registrierung in der Schachtanlage Asse II	USB external drive	1	SEG-Y (Rohdaten) and SEG-D von der Schachtanlage Asse II	DE24_003	02.03.2020
4	SEG-D Daten der 3D-Seismik, Kopie 1	LTO-8	20	unkorrelierte Vibroseis-Daten in SEG-D Sprengseismische Daten in SEG-D korrelierte Vibroseis-Daten in SEG-D korrelierte Vibroseis-Daten harmonischer Noise Unterdrückung in SEG-D	DE24_005	09.04.2020
5	SEG-D Daten der 3D-Seismik, Kopie 2	LTO-8	20	unkorrelierte Vibroseis-Daten in SEG-D Sprengseismische Daten in SEG-D korrelierte Vibroseis-Daten in SEG-D korrelierte Vibroseis-Daten harmonischer Noise Unterdrückung in SEG-D	DE24_006	15.04.2020
6	SEG-D Daten der 3D-Seismik, Kopie 3	LTO-8	20	unkorrelierte Vibroseis-Daten in SEG-D Sprengseismische Daten in SEG-D korrelierte Vibroseis-Daten in SEG-D korrelierte Vibroseis-Daten harmonischer Noise Unterdrückung in SEG-D	DE24_007	20.04.2020

Nr.	Beschreibung	Medium	Anzahl	Inhalt	Transmittal Nummer	Übergabe Datum
7	Zusätzliche Daten zur 3D-Seismik, Kopie 1	USB external drive	1	01_SPS_PILOT_UNCORRELATED 02_SPS_CORRELATED 03_SPS_CORRELATED_HARM_REM 04_EXPERIMENTAL_WORKS 05_OBSERVER 06_MAPS 07_INSTRUMENT_GEOPHONE_TEST 08_QC_VIBROSEIS 09_REFRACTION 10_TEST_LINE_2D_40_CHANNELS 11_MINE_ASSE_II_3D_DATA 12_FIELD_DATA 13_QC_PROCESSING	DE24_008	20.05.2020
8	Zusätzliche Daten zur 3D-Seismik, Kopie 2	USB external drive	1	01_SPS_PILOT_UNCORRELATED 02_SPS_CORRELATED 03_SPS_CORRELATED_HARM_REM 04_EXPERIMENTAL_WORKS 05_OBSERVER 06_MAPS 07_INSTRUMENT_GEOPHONE_TEST 08_QC_VIBROSEIS 09_REFRACTION 10_TEST_LINE_2D_40_CHANNELS 11_MINE_ASSE_II_3D_DATA 12_FIELD_DATA 13_QC_PROCESSING	DE24_009	27.05.2020

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

Nr.	Beschreibung	Medium	Anzahl	Inhalt	Transmittal Nummer	Übergabe Datum
9	Zusätzliche Daten zur 3D-Seismik, Kopie 2	USB external drive	1	01_SPS_PILOT_UNCORRELATED 02_SPS_CORRELATED 03_SPS_CORRELATED_HARM_REM 04_EXPERIMENTAL_WORKS 05_OBSERVER 06_MAPS 07_INSTRUMENT_GEOPHONE_TEST 08_QC_VIBROSEIS 09_REFRACTION 10_TEST_LINE_2D_40_CHANNELS 11_MINE_ASSE_II_3D_DATA 12_FIELD_DATA 13_QC_PROCESSING	DE24_010	02.06.2020
10	Schachtanlage Asse II, 3D-Seismik Nahlinienmessbericht	Papier	3	Nahlinienmessbericht	DE24_011	27.05.2020

Transmittal number DE24_004 ist weggelassen.

16.2 Ausrüstung und Hardware

Tabelle 21: Wesentliche technische Ausrüstung des seismischen Messtrupps

Nr.	Ausrüstungsgegenstände	Anzahl
	Seismische Registrierung	
1	Registriereinheit Innoseis Tremornet	41.117
2	Geophonkette 1 x PS5GR Land	50
3	Sercel Batterie 65 Ah	6
4	Geophontester Bird Dog II	1
	Vibroseis-Elektronik-Steuerung	
1	Sercel VE 464 DPG	2
2	Sercel VE 464 DSD mit Zubehör	6
	Erschütterungsmessungen	
1	Instantel Micromate / Blastmate	6
	Radiokommunikation	
1	Mobiltelefon	51
2	Tragbare Funkgeräte	50
	Vermessungsausrüstung	
1	Inertial System ZUPT B-Pins X	3
2	Inertial System ZUPT B-Pins	1
3	ZUPT Controller NAUTIZ X8	7
4	ZUPT Controller RECON	3
5	GPS-Empfänger Trimble 5700	2
6	GPS-Empfänger Trimble R2	5
7	GPS-Empfänger Trimble Net R9	1
8	GPS-Controller TSC2	2
9	GPS-Controller TSC3	6
10	GPS-Antenne Zephyr	3
11	Tachymeter Trimble M-3	1
12	Metalldetektor	1
13	GPS-Handgeräte Garmin GPSMAP 78	21
14	Fernglas Bushnell Sport 450	2
15	Fernglas Bushnell PRO Sport 1000	1
16	Fernglas Bresser 4x21	2
17	Monitor LCD	4
18	Notebook	2
19	Docking-Station Kensington	2
20	Dock-Station Lenovo 4338	1
21	Computer-Switch	5
22	UPS APC Smart-UPS 2200	1
	Qualitätskontrolle, Datenaufbereitung, Hardware	
1	24" Monitor	6
2	32" Monitor	2

Nr.	Ausrüstungsgegenstände	Anzahl
3	Monitor LG 34UM88C	1
4	NAS QNAP TS-451+	3
5	Notebook Lenovo T540	2
6	Notebook Lenovo T520	1
7	UPS APC Smart UPS 2200	2
8	ZOTAC-Grafikkarte	2
9	Workstation	1
10	Mobilen Rechenzentrum zur Datenkonvertierung (IMOD) - siehe Tabelle 22: Technische Spezifikationen des mobilen Rechenzentrums zur Datenkonvertierung	1
11	Server Fujitsu PriMergy TX2560M2	1
	GIS Hardware	
1	Notebook	1
2	Docking-Station	1
3	LCD Monitor	2
4	Plotter HP DesignJet T520	1
	Fuhrpark	
1	New Holland Traktor	11
2	Case Traktor	3
3	Star / MAN Wasserfahrzeug	2
4	Hemi 50 Vibroseis	6
5	Mobiler Kran (HDS)	1
6	MAN LKW	4
7	MAN Messwagen	1
8	MAN Tankfahrzeug	1
9	Ford Transit mit Datenauslese-Rack	4
10	Ford Focus PKW	1
11	VW Transporter	3
12	Toyota Hilux Werkstattwagen	2
13	Toyota Hilux Pick-Up	42
14	PAT Bohrgerät	11
15	Atlas Copco Kompressor	11
16	Himonisa Generator	3
17	EMCI Bohrgerät	16
18	LPHB Bohrgerät	4
19	Straßenreinigungsbürste	2
20	Star AF450, beschleunigtes Fallgewicht	1

Tabelle 22: Technische Spezifikationen des mobilen Rechenzentrums zur Datenkonvertierung

Technische Spezifkationen des mobilen Rechenzentrums zur Datenkonvertierung
Speicher
8 Node Huawei OceanStor 9000V5
Speicherplatz: ~2,2 PB, Verwendbarer Speicherplatz: ~1,5 PB
GPU Server, 15 Einheiten
Server: Huawei FusionServer 2288H V5
CPU: 2* Intel(R) Xeon(R) Gold 6130
RAM: 384 GB ECC DDR4
GPU: 2 * Nvidia Geforce RTX 2080Ti 11G
Datenbank Server, 2 Einheiten
Server: Huawei FusionServer 1288H V5
CPU: 2* Intel(R) Xeon(R) Gold 5218 CPU
RAM: 256 GB ECC DDR4
Remote Desktop Server, 2 Einheiten
Server: Huawei FusionServer 1288H V5
CPU: 2* Intel Xeon Gold 6136
RAM: 128 GB ECC DDR4
Bandlaufwerke
LTO-8 Bibliothek: actiLib Library 2U with 3 x LTO-8 HH SAS Drive
IBM LTO-8 HH SAS Drive, 6 Einheiten
Data in LTFS (Linear Tape File System) format https://www.lto.org/technology/ltfs/
Computer-Netzwerk
Computer-Netzwerk Bandbreite zwischen Servers and Speicher: 40 Gb/s
Computer-Netzwerk Bandbreite zwischen Speicher und Registriereinheiten: 25 Gb/s
Computer-Netzwerk Bandbreite zwischen Speicher and Datenauslese-Rack: 10 Gb/s

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

16.3 Software

Tabelle 23: Wesentliche technische Software des seismischen Messtrupps

Nr.	Software
	Vermessung
1	Microsoft Office / Open Office
2	Trimble Business Center v. 2.60
3	GPSeismic v.2014
4	ExpertGps
	Seismik
1	Omni 14
2	Vista 11
3	VIChecker 4.11
4	SPS
5	Microsoft Office
6	Boxer
7	GEO SPS
8	Surfer 10
9	INNOSEIS software: Harvesting Module, Live Converter RAW to SEGY, SEGY2SEGD Converter.
10	ProMAX 3D 2003.19.1

16.4 Erschütterungsmessungen

PPV Observer Report nr 64/1/31012020

PROJECT	REMLINGEN 3D
CLIENT	BUNDESGESELLSCHAFT FUR ENDLAGERUNG
DATE	31 01 .2020

ADDRESS/PLACE of MEASUREMENT

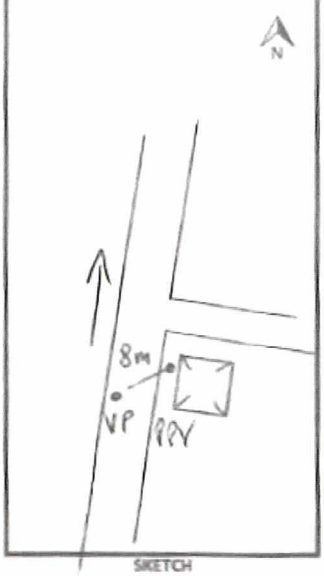
Town / Village / street	WITTMAR
Line and Point Number	5231 / 1336
Location of The PPV Sensor	ON THE WINDOW SILL
Type of The Building	DWELLING HOUSE
Condition of The Building	GOOD

REMARKS

Distance to SP	8 m
Number of The Vibs	1x150
Power Level	15 %
CO-ORDINATES SOURCE POINT	
N	5777869
E	4407053
Signature	

CO-ORDINATES PPV	
N	5777872
E	4407065

PRINT



SKETCH

Abbildung 29: Beispiel für ein Protokoll der Erschütterungsmessungen mit Angaben zur Lage des Messpunktes

Instantel

Event Report

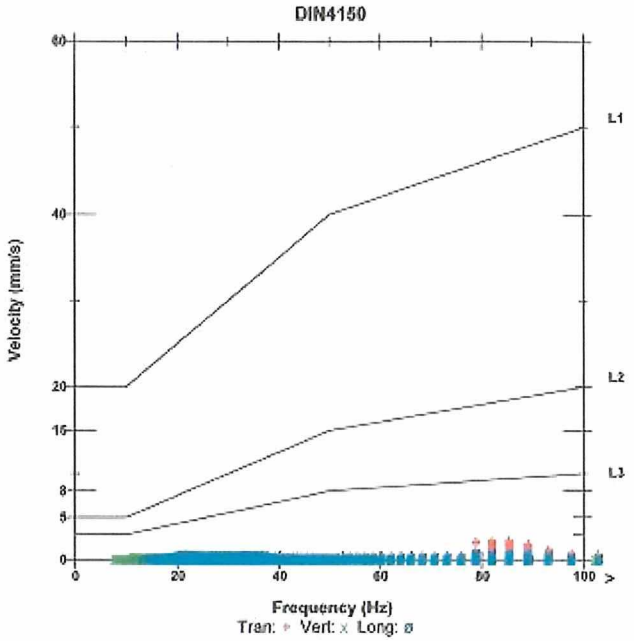
Date/Time Manual at 15:37:45 January 31, 2020
Range Geo: 254.0 mm/s
Record Time 61.625 sec at 4096 sps
Operator/Setup: Operator/factory.MMB

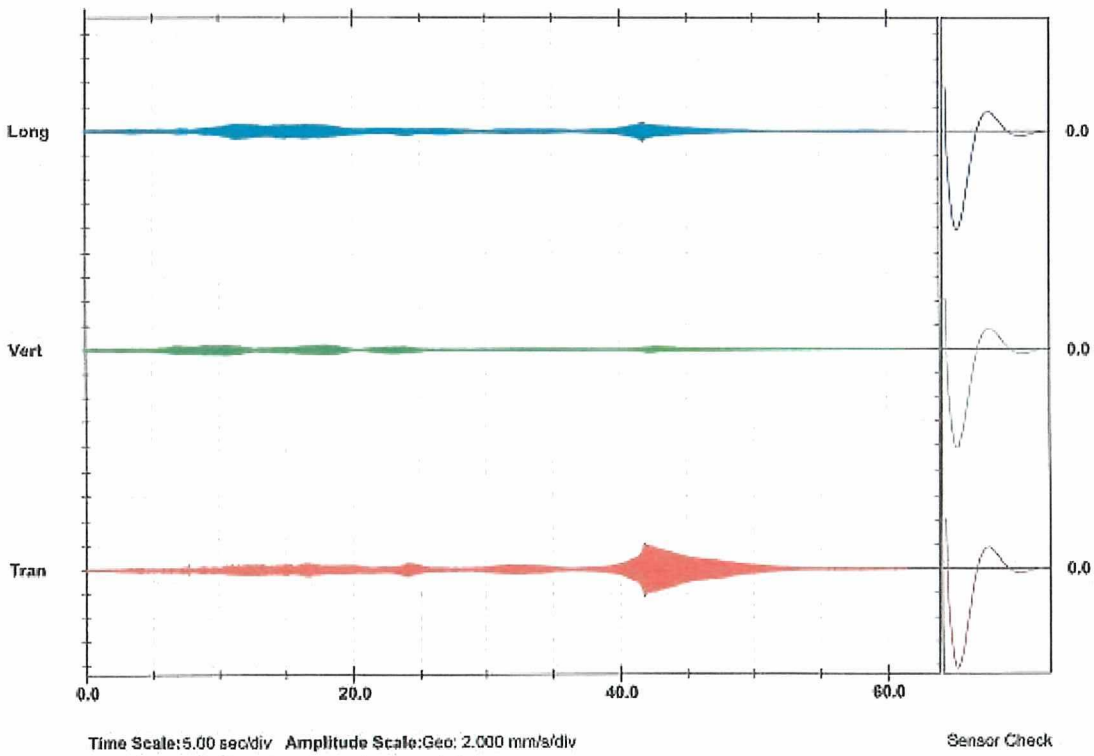
Serial Number UM16195 V 10-99 Micromate DIN
Battery Level 3.8 Volts
Unit Calibration December 18, 2019 by Instantel
File Name UM16195_20200131153745.IDFW

Notes
Location: REMLINGEN 3D
Client: BGE
User Name: GT DE 24
General: 5231 1338 1xH50 8m 15%

	Tran	Vert	Long	
PPV	2.238	0.473	0.804	mm/s
ZC Freq	85	18.0	85	Hz
Time (Rel. to Trig)	41.811	10.316	41.744	sec
Peak Acceleration	0.125	0.039	0.053	g
Peak Displacement	0.004	0.005	0.005	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.3	7.1	7.1	Hz
Overswing Ratio	4.7	4.7	5.3	

Peak Vector Sum 2.349 mm/s at 41.811 sec





Printed: February 10, 2020 (V 10.74)

Format © 1995-2015 Xmark Corporation

Abbildung 30: Beispiel für ein Protokoll der Erschütterungsmessungen mit Angaben zu den aufgezeichneten Erschütterungen

16.5 Statistische Daten

Tabelle 24: Auswahl geplanter, eingemessener und gemessener Anregungspunkte

Nr.	Linie	Planung				Eingemessen					Gemessen (Registrierung)						
		von AP	bis AP	Anzahl AP	Länge in km	von AP	bis AP	Anzahl AP	Länge in km	~% AP	von AP	bis AP	Weggefallener AP		Registrierter AP		
													Anzahl AP	~% AP	Anzahl AP	Länge in km	~% AP
1	5101	1171	1780	610	6,09	1171	1780	492	4,91	80,66%	1171	1780	118	*19,34%*	492	4,91	*80,66%*
2	5111	1221	1730	510	5,09	1221	1730	341	3,4	66,86%	1221	1730	169	*33,14%*	341	3,4	*66,86%*
3	5121	1151	1800	650	6,49	1151	1800	477	4,76	73,38%	1151	1800	174	*26,77%*	476	4,76	*73,23%*
4	5131	1221	1730	510	5,09	1221	1730	323	3,22	63,33%	1221	1730	188	*36,86%*	322	3,22	*63,14%*
5	5141	1131	1820	690	6,89	1131	1820	510	5,09	73,91%	1131	1820	180	*26,09%*	510	5,09	*73,91%*
6	5151	1221	1730	510	5,09	1221	1730	358	3,57	70,20%	1221	1730	152	*29,80%*	358	3,57	*70,20%*
7	5161	1111	1840	730	7,29	1111	1835	598	5,97	81,92%	1111	1835	132	*18,08%*	598	5,97	*81,92%*
8	5171	1221	1730	510	5,09	1221	1730	421	4,2	82,55%	1221	1730	89	*17,45%*	421	4,2	*82,55%*
9	5181	1101	1850	750	7,49	1101	1850	690	6,89	92,00%	1101	1850	60	*8,00%*	690	6,89	*92,00%*
10	5191	1221	1730	510	5,09	1221	1730	463	4,62	90,78%	1221	1730	47	*9,22%*	463	4,62	*90,78%*
11	5201	1101	1850	750	7,49	1101	1846	686	6,85	91,47%	1101	1846	65	*8,67%*	685	6,85	*91,33%*
12	5206	1341	1590	250	2,49	1341	1584	146	1,45	58,40%	1341	1584	104	*41,60%*	146	1,45	*58,40%*
13	5211	1221	1730	510	5,09	1221	1730	403	4,02	79,02%	1221	1730	107	*20,98%*	403	4,02	*79,02%*
14	5216	1341	1590	250	2,49	1352	1590	161	1,6	64,40%	1352	1590	89	*35,60%*	161	1,6	*64,40%*
15	5221	1101	1850	750	7,49	1101	1850	609	6,08	81,20%	1101	1850	141	*18,80%*	609	6,08	*81,20%*
16	5226	1341	1590	250	2,49	1351	1590	178	1,77	71,20%	1351	1590	72	*28,80%*	178	1,77	*71,20%*
17	5231	1221	1730	510	5,09	1221	1730	471	4,7	92,35%	1221	1730	39	*7,65%*	471	4,7	*92,35%*

Tabelle 25: Auswahl geplanter, eingemessener und gemessener Empfängerpunkte

Nr.	Linie	Planung				Eingemessen					Gemessen (Registrierung)						
		von EP	bis EP	Anzahl EP	Länge in km	von EP	bis EP	Anzahl EP	Länge in km	~% EP	von EP	bis EP	Weggefallener EP		Registrierter EP		
													Anzahl EP	~% EP	Anzahl EP	Länge in km	~% EP
1	1101	5171	5530	360	3,59	5171	5530	331	3,3	91,94%	5171	5530	29	8,06%	331	3,3	91,94%
2	1111	5161	5540	380	3,79	5161	5540	375	3,74	98,68%	5161	5540	5	1,32%	375	3,74	98,68%
3	1121	5151	5550	400	3,99	5151	5550	384	3,83	96,00%	5151	5550	16	4,00%	384	3,83	96,00%
4	1131	5141	5560	420	4,19	5141	5560	411	4,1	97,86%	5141	5560	9	2,14%	411	4,1	97,86%
5	1141	5131	5570	440	4,39	5131	5570	424	4,23	96,36%	5131	5570	16	3,64%	424	4,23	96,36%
6	1151	5121	5580	460	4,59	5121	5580	444	4,43	96,52%	5121	5580	16	3,48%	444	4,43	96,52%
7	1161	5111	5590	480	4,79	5111	5590	463	4,62	96,46%	5111	5590	17	3,54%	463	4,62	96,46%
8	1171	5101	5600	500	4,99	5101	5600	500	4,99	100,00%	5101	5600	0	0,00%	500	4,99	100,00%
9	1181	5101	5600	500	4,99	5101	5600	500	4,99	100,00%	5101	5600	0	0,00%	500	4,99	100,00%
10	1191	5101	5600	500	4,99	5101	5600	500	4,99	100,00%	5101	5600	0	0,00%	500	4,99	100,00%
11	1201	5101	5600	500	4,99	5101	5600	500	4,99	100,00%	5101	5600	0	0,00%	500	4,99	100,00%
12	1211	5101	5600	500	4,99	5101	5600	500	4,99	100,00%	5101	5600	0	0,00%	500	4,99	100,00%
13	1221	5101	5600	500	4,99	5101	5600	500	4,99	100,00%	5101	5600	0	0,00%	500	4,99	100,00%
14	1231	5101	5600	500	4,99	5101	5600	494	4,93	98,80%	5101	5600	6	1,20%	494	4,93	98,80%
15	1241	5101	5600	500	4,99	5101	5600	494	4,93	98,80%	5101	5600	6	1,20%	494	4,93	98,80%
16	1251	5101	5600	500	4,99	5101	5600	473	4,72	94,60%	5101	5600	29	5,80%	471	4,7	94,20%
17	1261	5101	5600	500	4,99	5101	5600	473	4,72	94,60%	5101	5600	38	7,60%	462	4,61	92,40%

Tabelle 26: Beispiele für weggefallene Anregungspunkte

Linie Nr.	Erste Station	Letzte Station	Anzahl der weggefallenen Anregungspunkte	Grund
5101	1217	1249	33	Kopfsteinpflaster
5101	1440	1442	3	kein Zugang
5101	1536	1573	38	keine Betretungsgenehmigung
5101	1595	1596	2	Eigentümer
5101	1654	1671	18	keine Betretungsgenehmigung
5101	1676	1698	23	nasses Feld
5101	1758	1758	1	nasses Feld
5111	1224	1249	26	Erschütterungsmessung
5111	1420	1420	1	Bohrung
5111	1430	1439	10	Asse-Burg
5111	1537	1576	40	keine Betretungsgenehmigung
5111	1597	1612	16	Eigentümer
5111	1641	1674	34	keine Betretungsgenehmigung
5111	1677	1718	42	nasses Feld
5121	1221	1222	2	Kopfsteinpflaster
5121	1227	1230	4	Erschütterungsmessung
5121	1238	1239	2	Erschütterungsmessung
5121	1418	1418	1	Bohrung
5121	1429	1439	11	Asse-Burg
5121	1447	1447	1	QC
5121	1507	1507	1	Bohrloch eingefallen
5121	1529	1529	1	kein Zugang
5121	1531	1531	1	keine Betretungsgenehmigung
5121	1537	1579	43	keine Betretungsgenehmigung
5121	1599	1599	1	Eigentümer
5121	1613	1676	64	keine Betretungsgenehmigung
5121	1680	1721	42	nasses Feld
5131	1415	1415	1	Luftverlust, Risse
5131	1417	1417	1	Luftverlust, Risse
5131	1429	1439	11	Asse-Burg
5131	1452	1452	1	QC
5131	1537	1601	65	keine Betretungsgenehmigung
5131	1604	1679	76	keine Betretungsgenehmigung
5131	1692	1724	33	nasses Feld
5141	1427	1428	2	Luftverlust, Risse, Kaverne

Tabelle 27: Beispiele für weggefallene Empfängerpunkte

Linie Nr.	Erste Station	Letzte Station	Anzahl der weggefallenen Empfängerpunkte	Grund
1101	5233	5249	17	keine Betretungsgenehmigung
1101	5492	5503	12	keine Betretungsgenehmigung
1111	5233	5237	5	keine Betretungsgenehmigung
1121	5233	5248	16	keine Betretungsgenehmigung
1131	5232	5240	9	keine Betretungsgenehmigung
1141	5231	5246	16	keine Betretungsgenehmigung
1151	5230	5245	16	keine Betretungsgenehmigung
1161	5229	5245	17	keine Betretungsgenehmigung
1231	5474	5479	6	keine Betretungsgenehmigung
1241	5274	5279	6	keine Betretungsgenehmigung
1251	5203	5203	1	QC
1251	5258	5258	1	QC
1251	5271	5297	27	keine Betretungsgenehmigung
1261	5120	5120	1	QC
1261	5170	5170	1	QC
1261	5182	5182	1	QC
1261	5206	5206	1	QC
1261	5263	5263	1	QC
1261	5268	5294	27	keine Betretungsgenehmigung
1261	5309	5309	1	QC
1261	5365	5365	1	QC
1261	5370	5370	1	QC
1261	5395	5395	1	QC
1261	5488	5488	1	QC
1261	5496	5496	1	QC
1271	5348	5348	1	QC
1281	5262	5288	27	keine Betretungsgenehmigung
1281	5298	5298	1	QC
1281	5340	5340	1	QC
1281	5420	5420	1	QC
1281	5458	5458	1	QC
1291	5259	5285	27	keine Betretungsgenehmigung
1291	5589	5589	1	QC
1311	5178	5178	1	QC
1311	5345	5345	1	QC
1311	5383	5383	1	QC
1321	5180	5180	1	QC
1321	5234	5234	1	QC
1321	5276	5276	1	QC
1331	5255	5255	1	QC
1331	5521	5521	1	QC
1331	5577	5577	1	QC

16.6 Seismische Datenbearbeitung zur Qualitätskontrolle

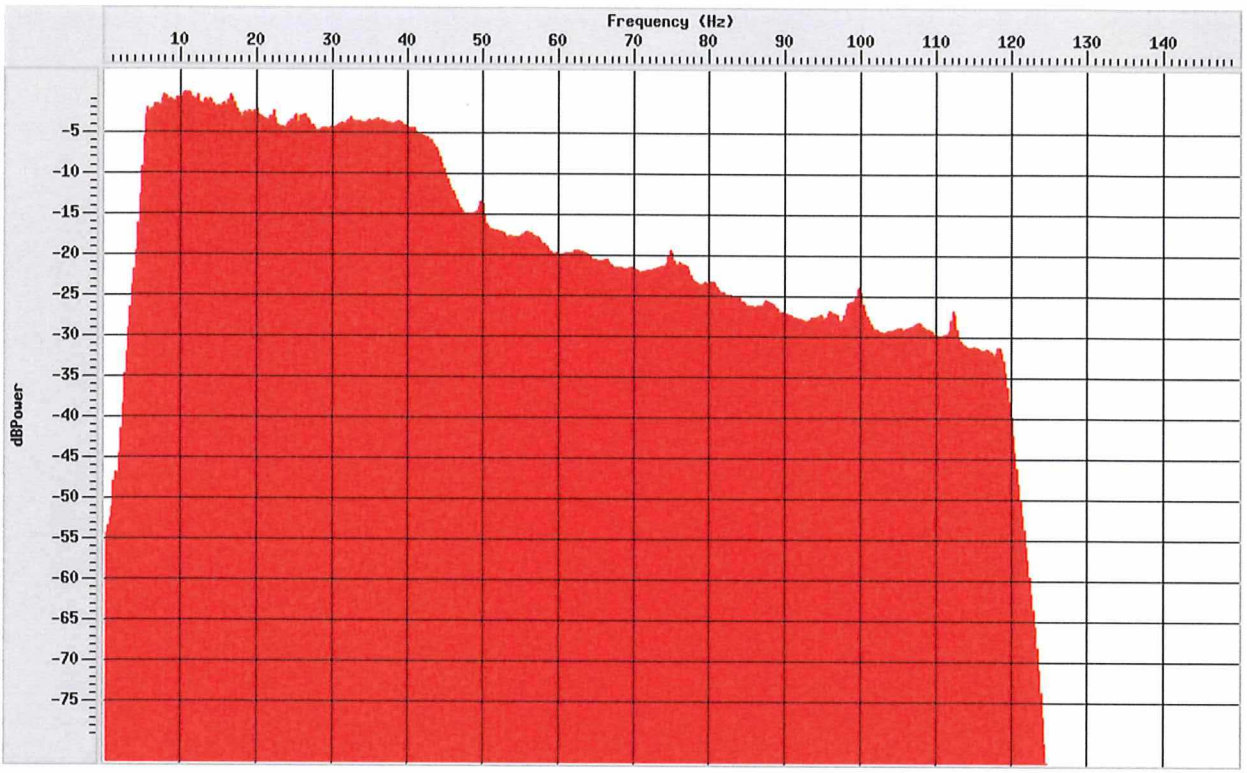


Abbildung 31: Frequenzspektrum von unbearbeiteten Rohdaten für eine Vibrationsanregung (FFID 44331)

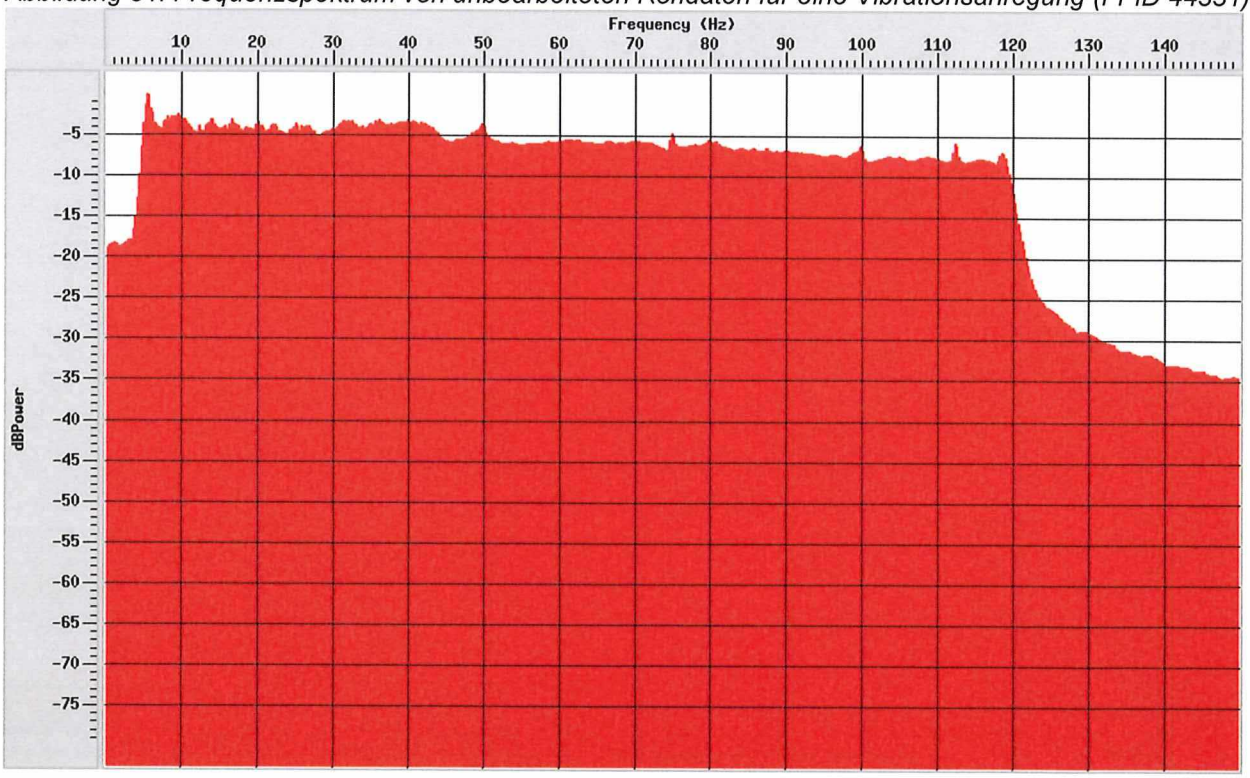


Abbildung 32: Frequenzspektrum nach der Datenbearbeitung für eine Vibrationsanregung (FFID 44331)

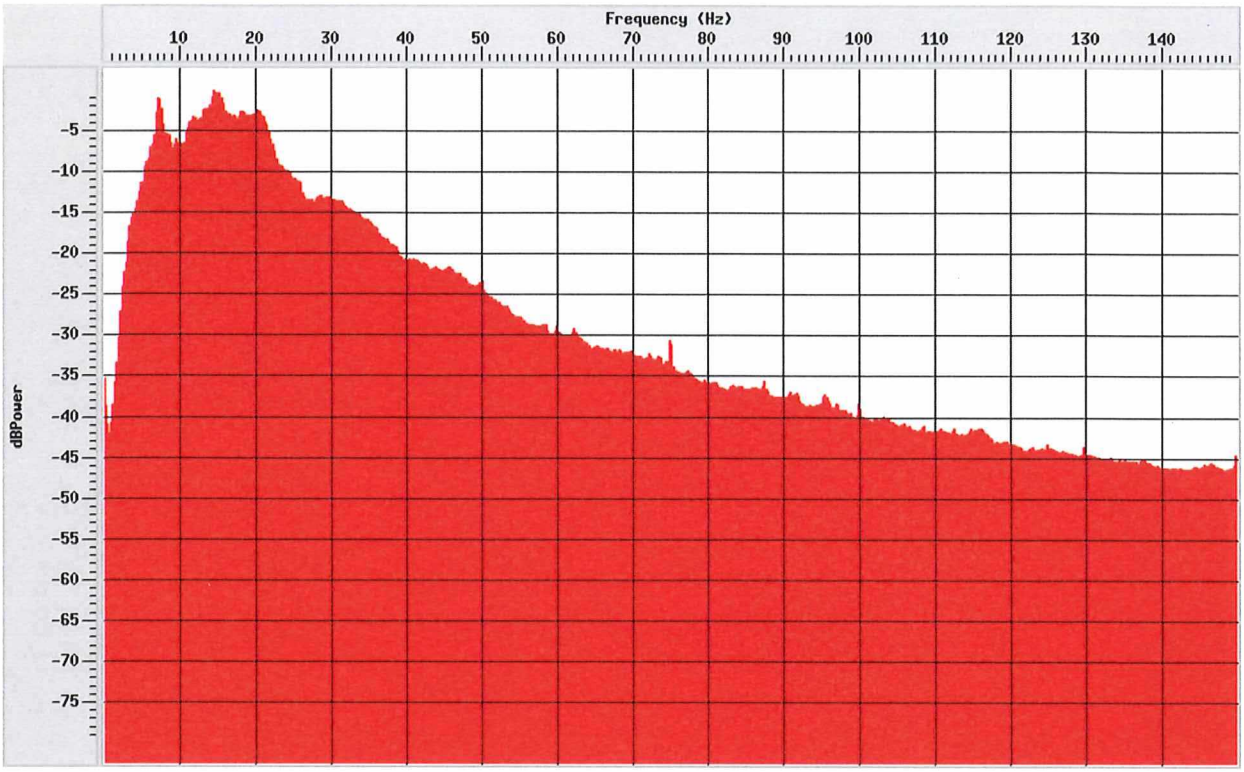


Abbildung 33: Frequenzspektrum von unbearbeiteten Rohdaten für eine Sprenganregung (FFID 200250)

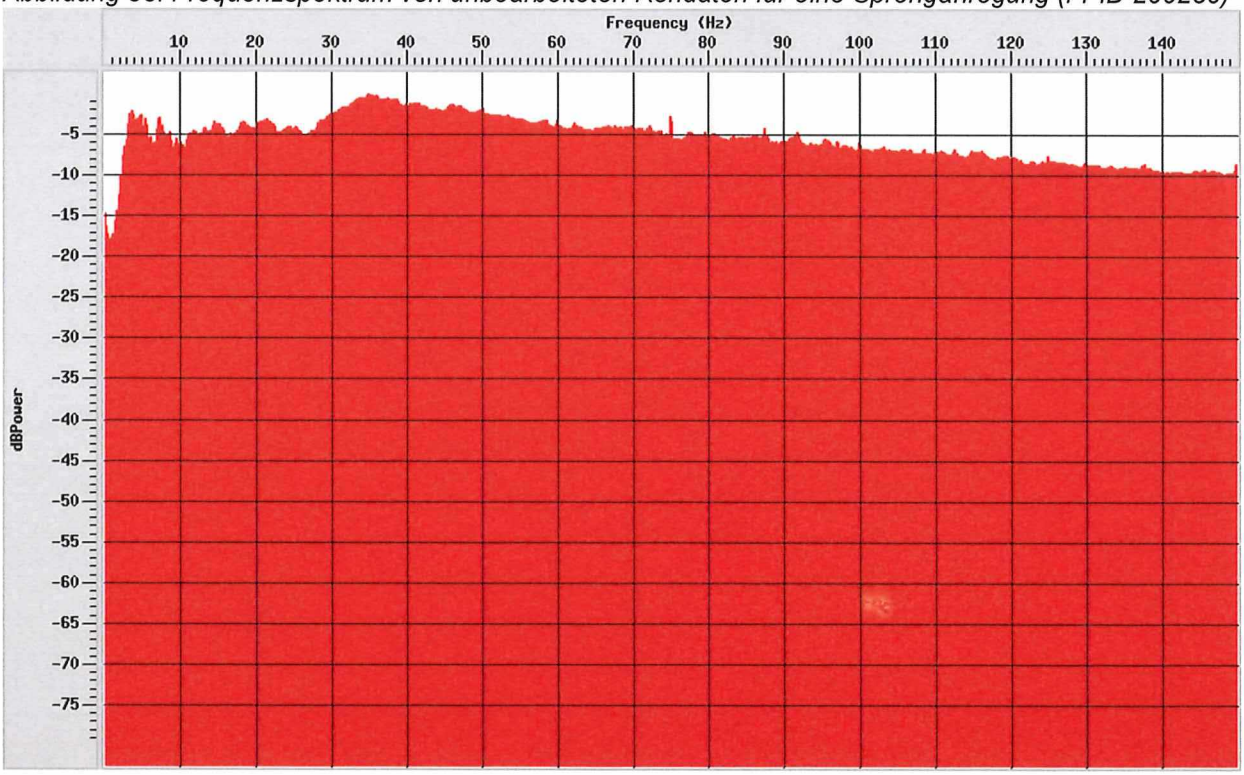


Abbildung 34: Frequenzspektrum nach der Datenbearbeitung für eine Sprenganregung (FFID 200250)

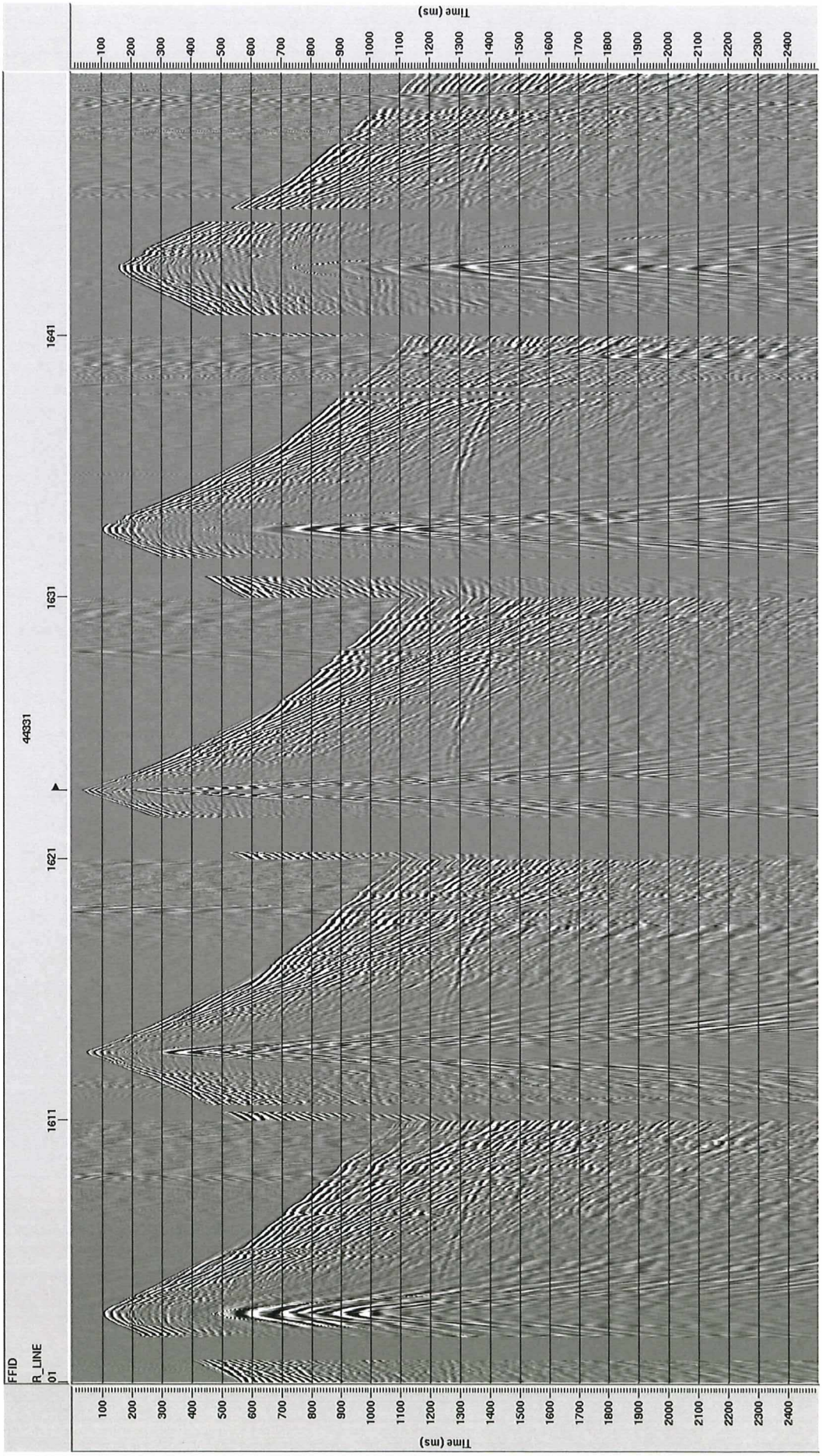


Abbildung 35: Rohdatenbeispiel vor der Bearbeitung – Vibratoranregung – FFID 44331, Empfangslinien 1601-1641

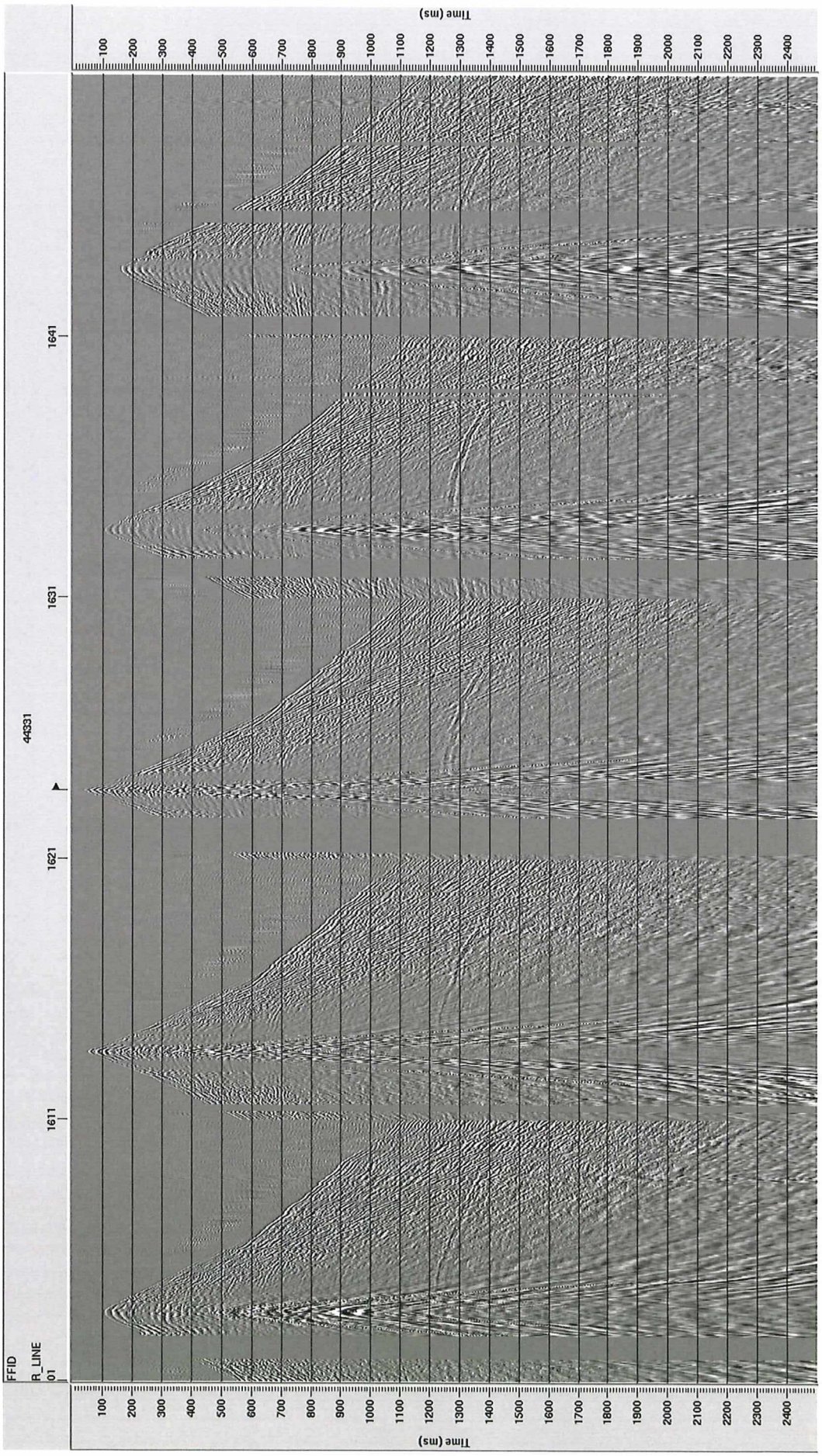


Abbildung 36: Datenbeispiel nach der Bearbeitung – Vibratoranregung – FFID 44331, Empfangslinien 1601-1641

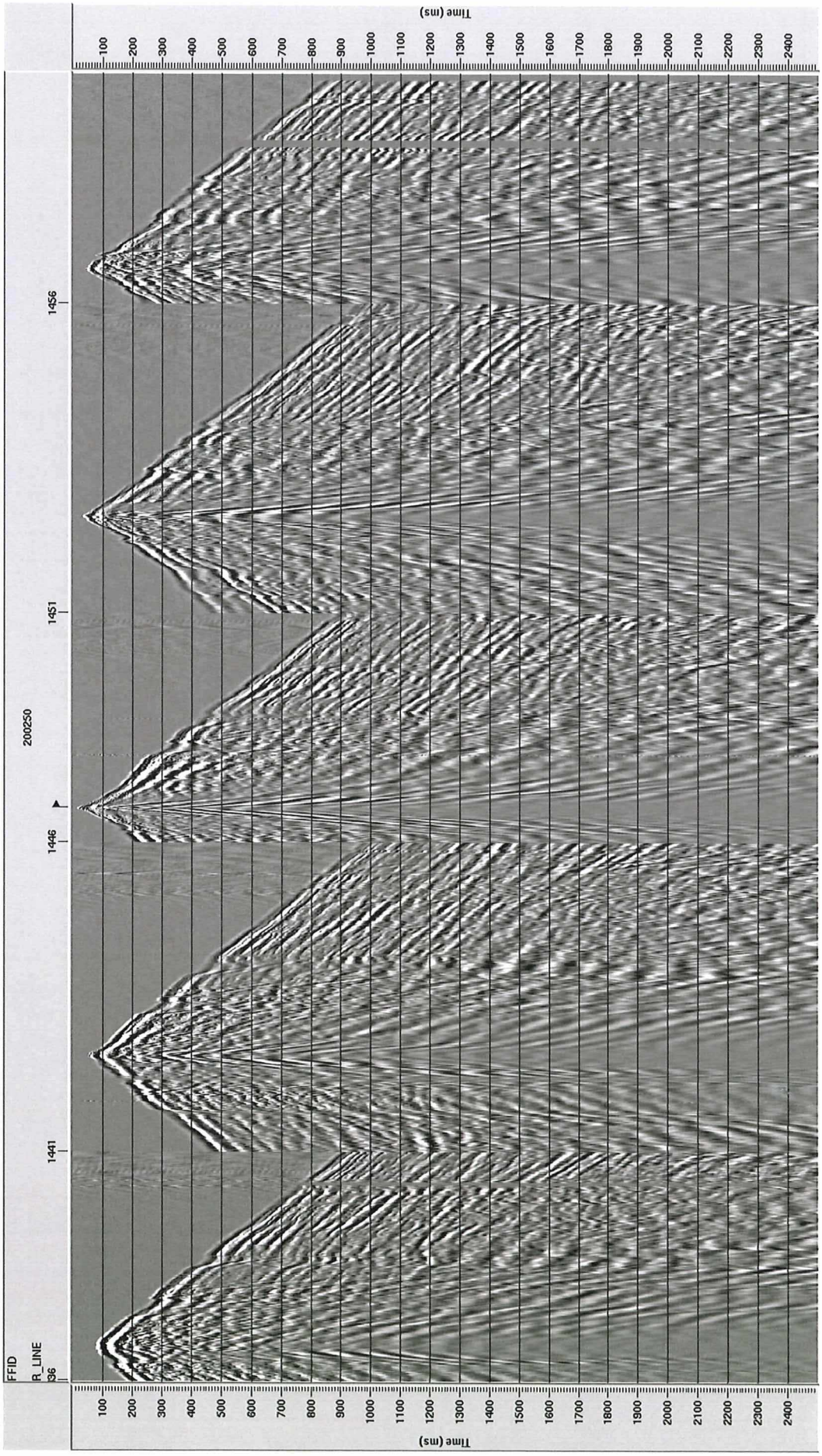


Abbildung 37: Rohdatenbeispiel – Sprenganregung – FFID 200150, Empfangslinien 1436-1456

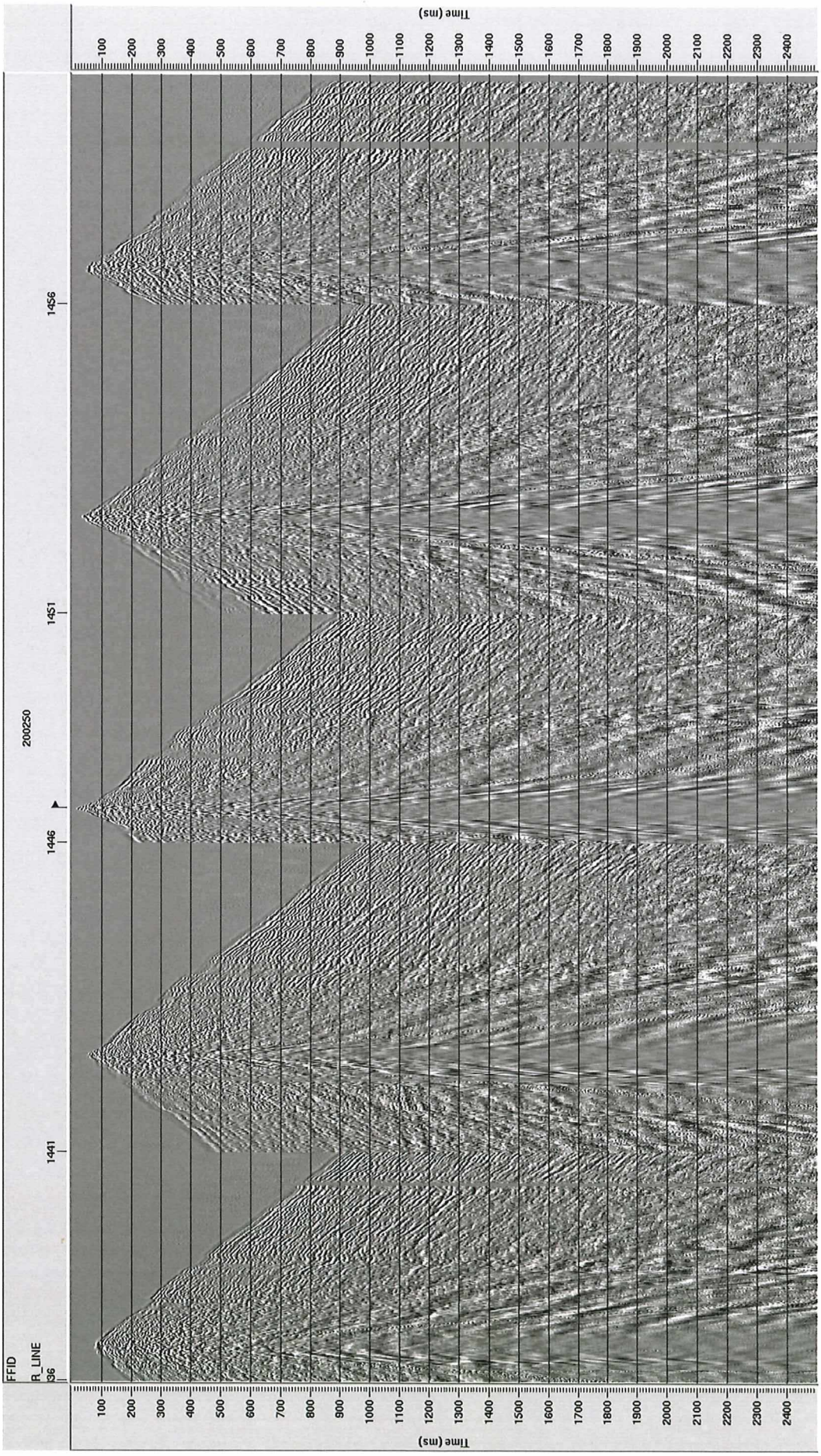


Abbildung 38: Datenbeispiel nach der Bearbeitung – Sprenganregung – FFID 200150, Empfangslinien 1436-1456

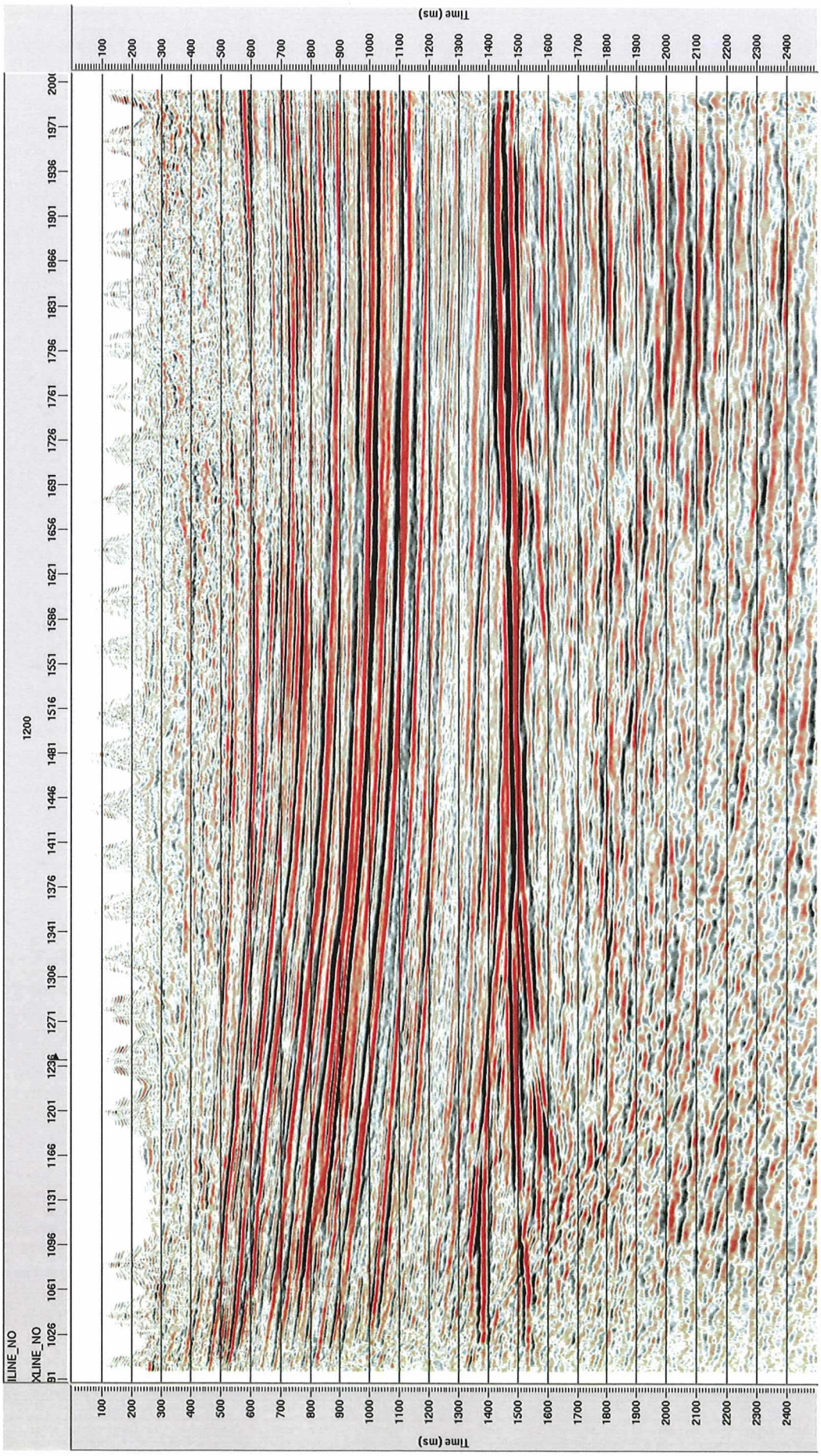


Abbildung 39: Finale Stapelung, Inline 1200 (Südflanke der Asse-Struktur)

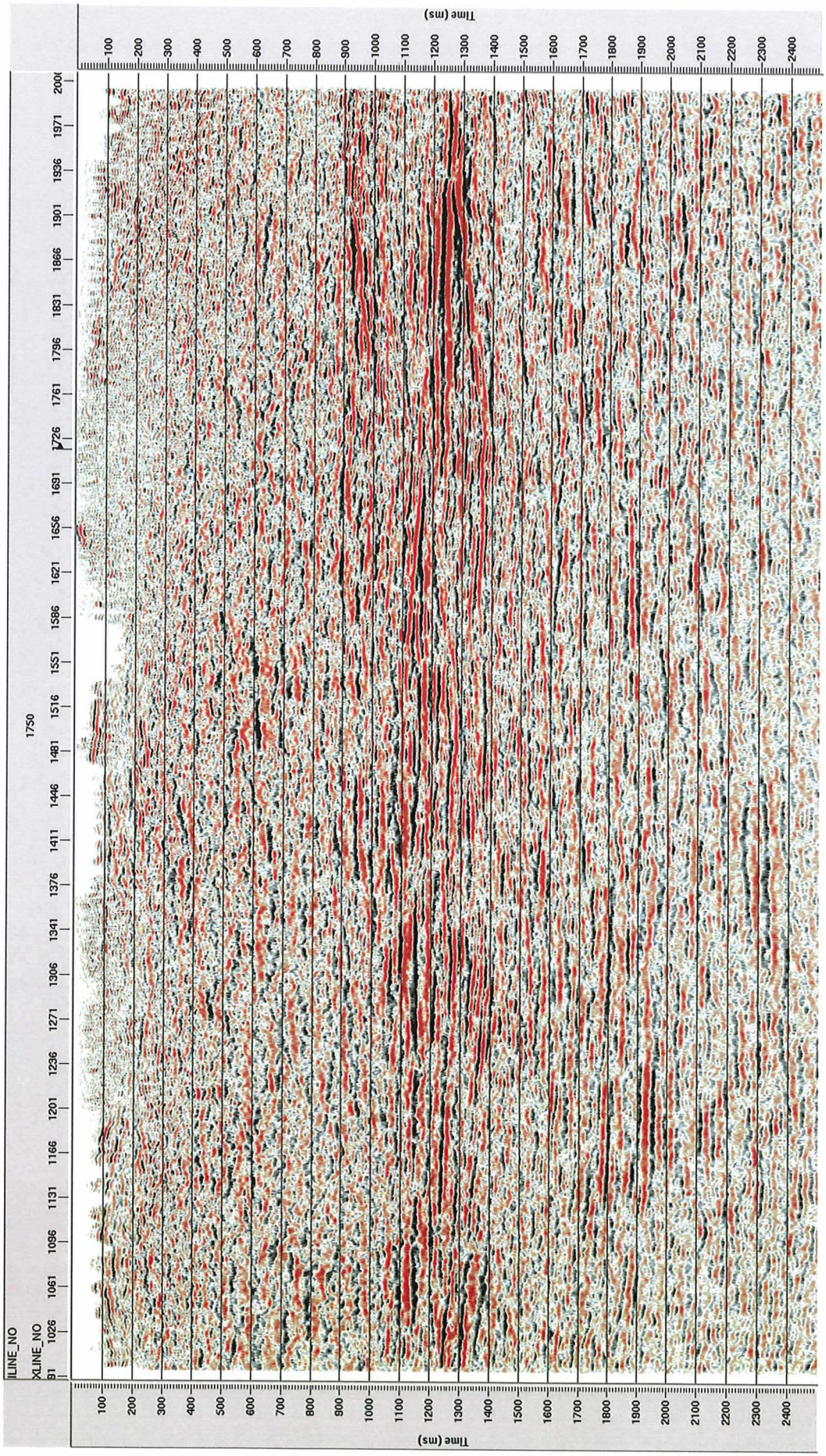


Abbildung 40: Finale Stapelung, Inline 1750 (Top der Asse-Struktur)

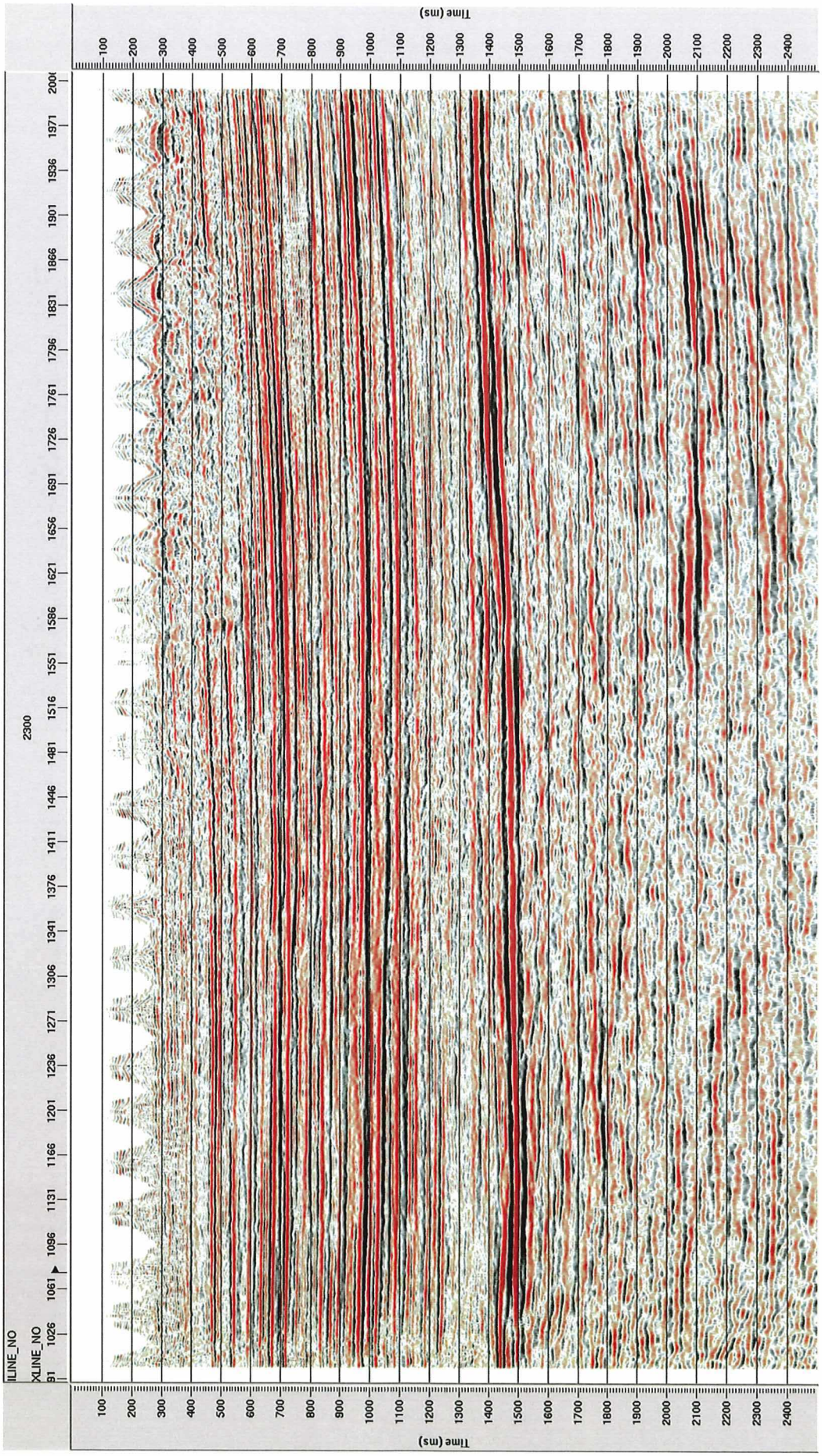


Abbildung 41: Finale Stapelung, Inline 2300 (Nordflanke der Asse-Struktur)

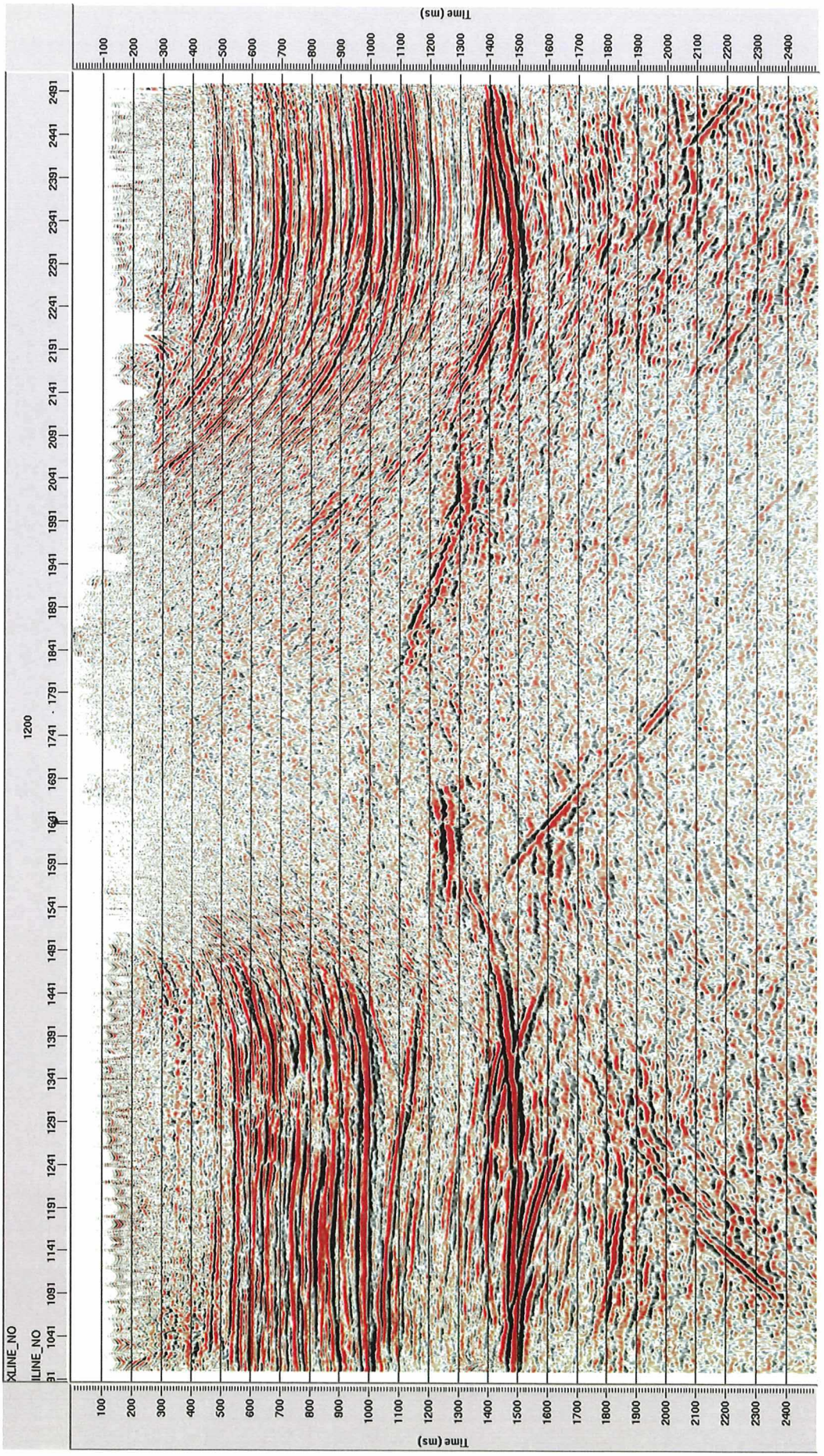


Abbildung 42: Finale Stapelung, Crossline 1200 (Westen der Asse-Struktur)

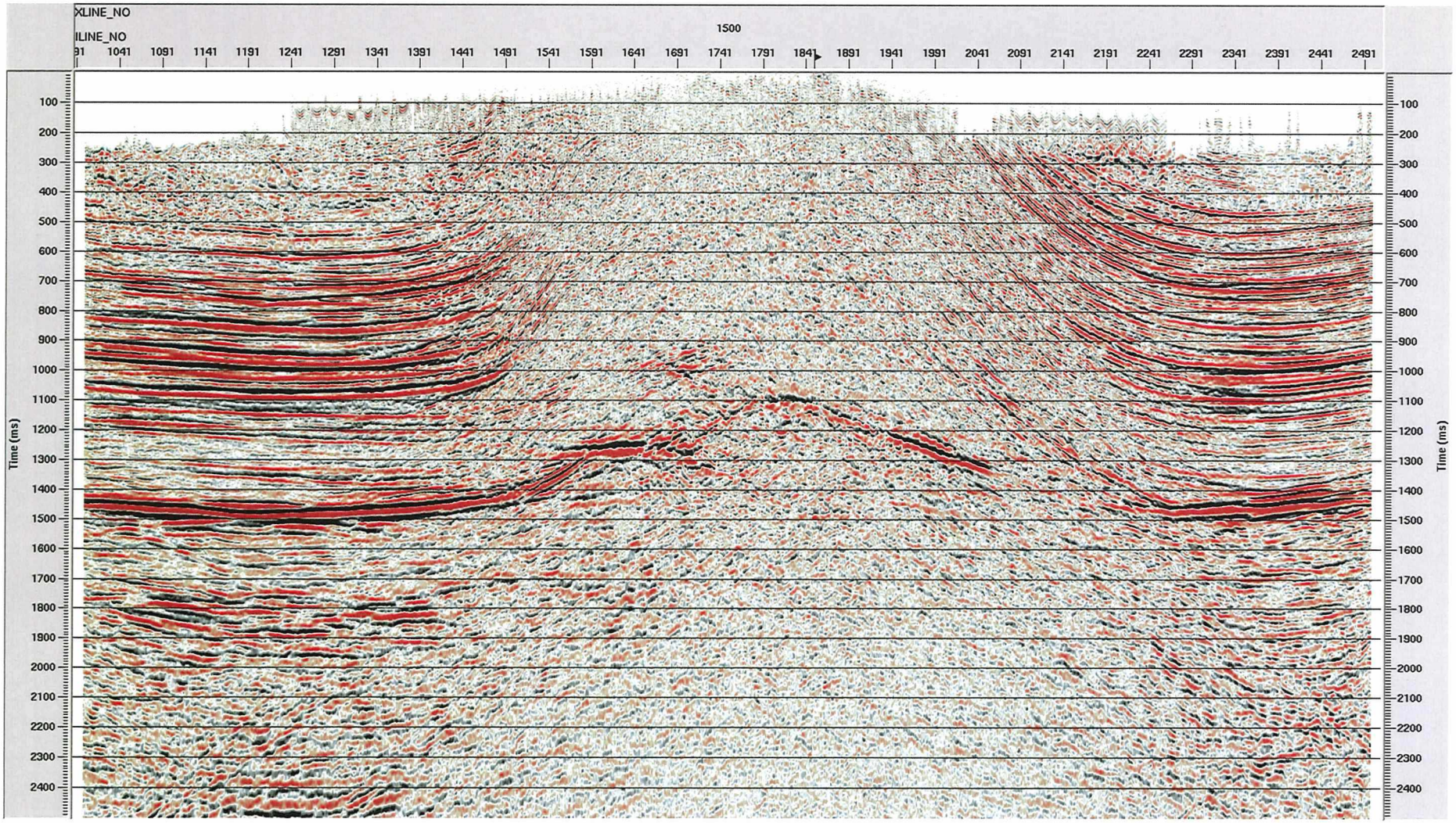


Abbildung 43: Finale Stapelung, Crossline 1500 (Zentralteil der Asse-Struktur)

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

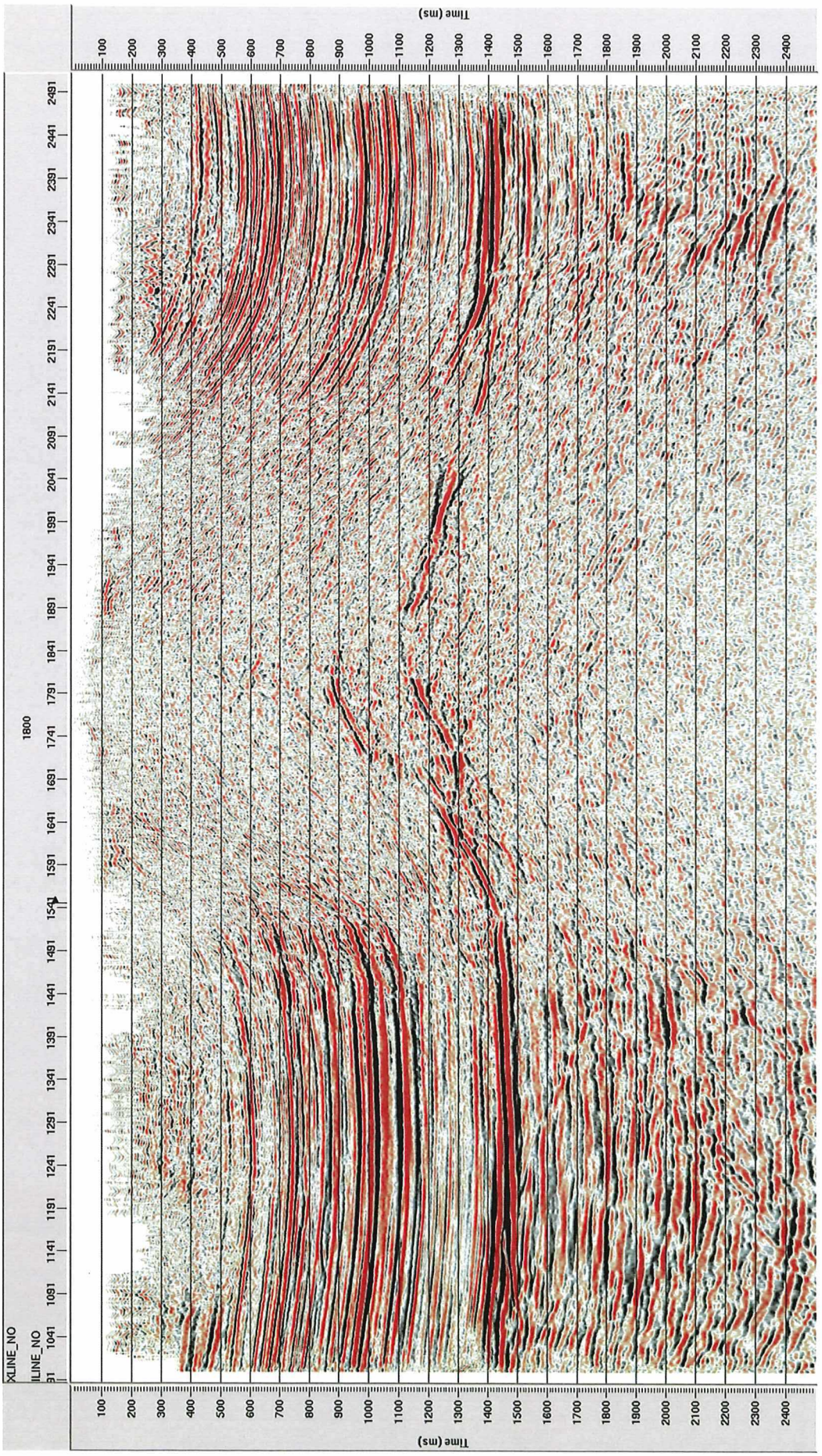


Abbildung 44: Finale Stapelung, Crossline 1800 (Osten der Asse-Struktur)

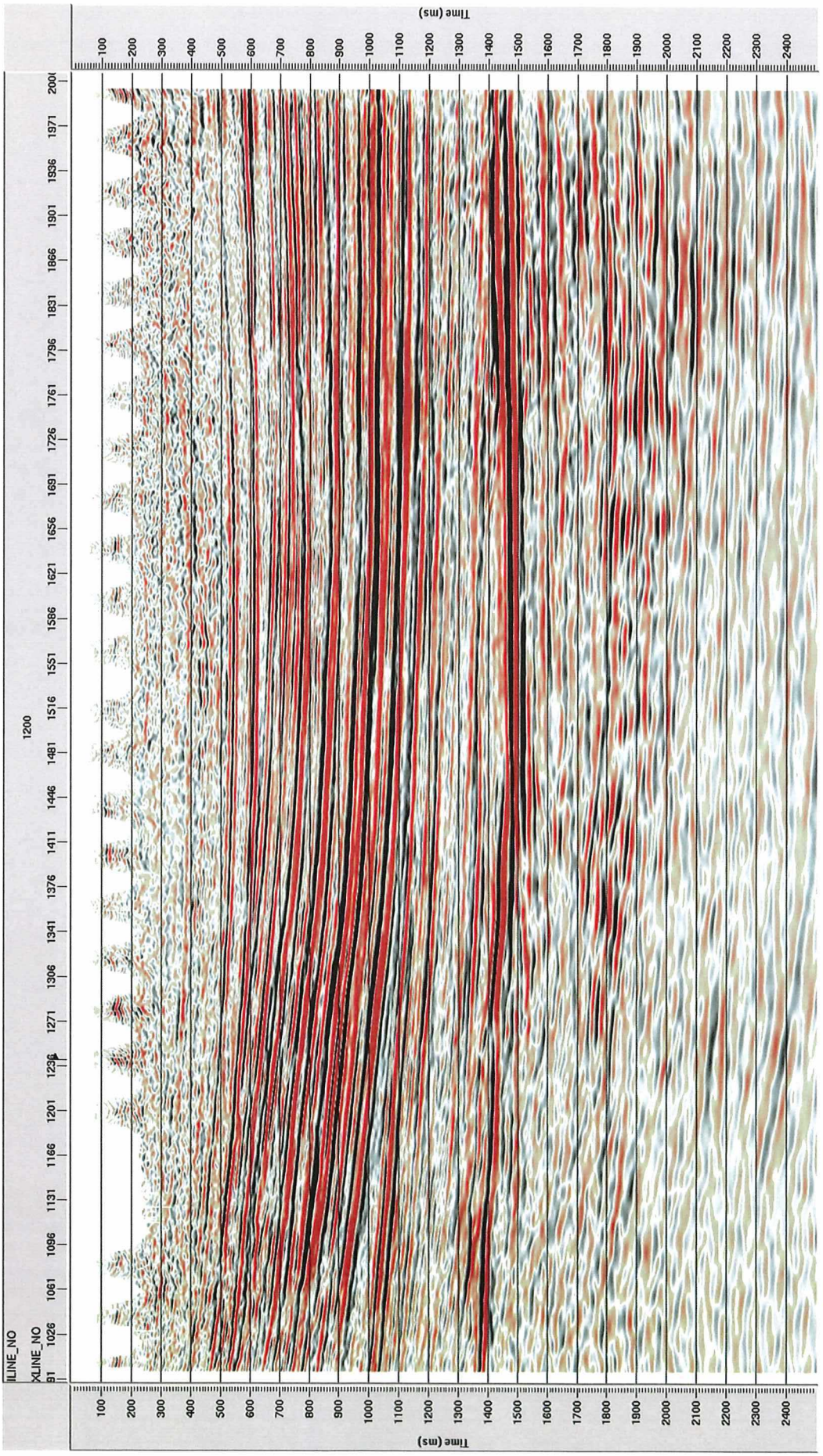


Abbildung 45: Post-Stack Zeitmigration, Inline 1200 (Südflanke Asse-Struktur)

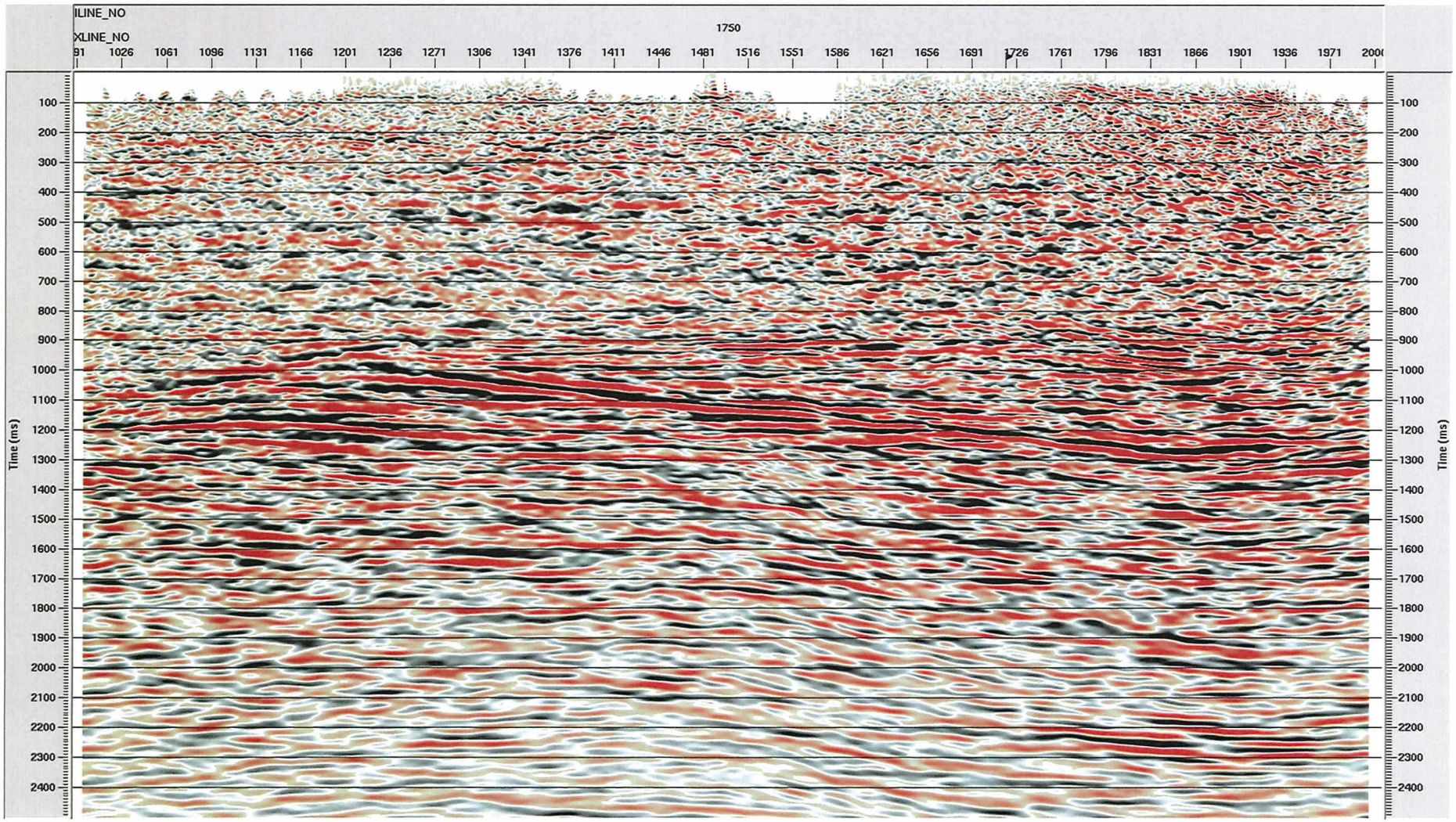


Abbildung 46: Post-Stack Zeitmigration, Inline 1750

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Blatt: 92

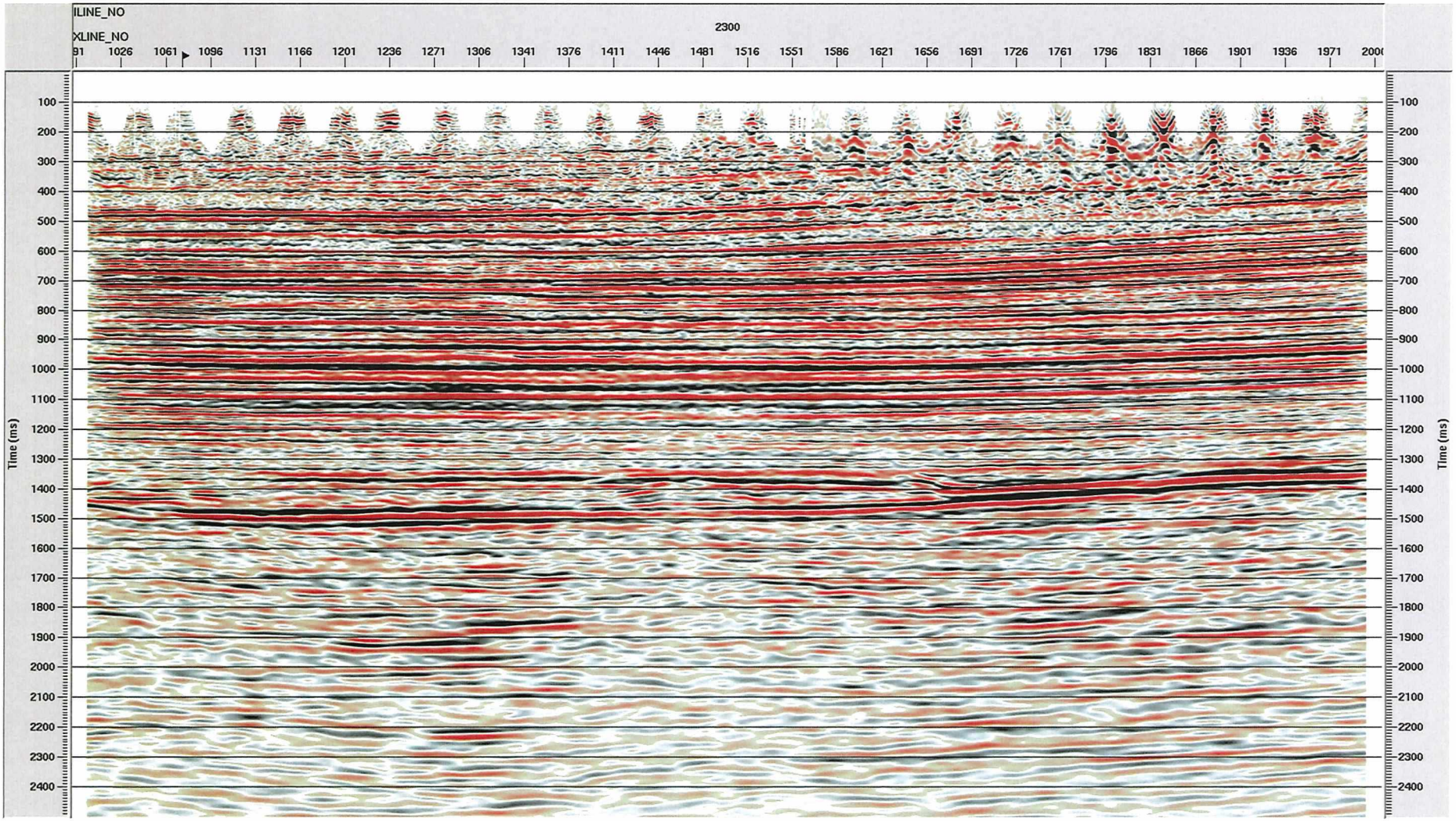


Abbildung 47: Post-Stack Zeitmigration, Inline 2300

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Blatt: 93

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

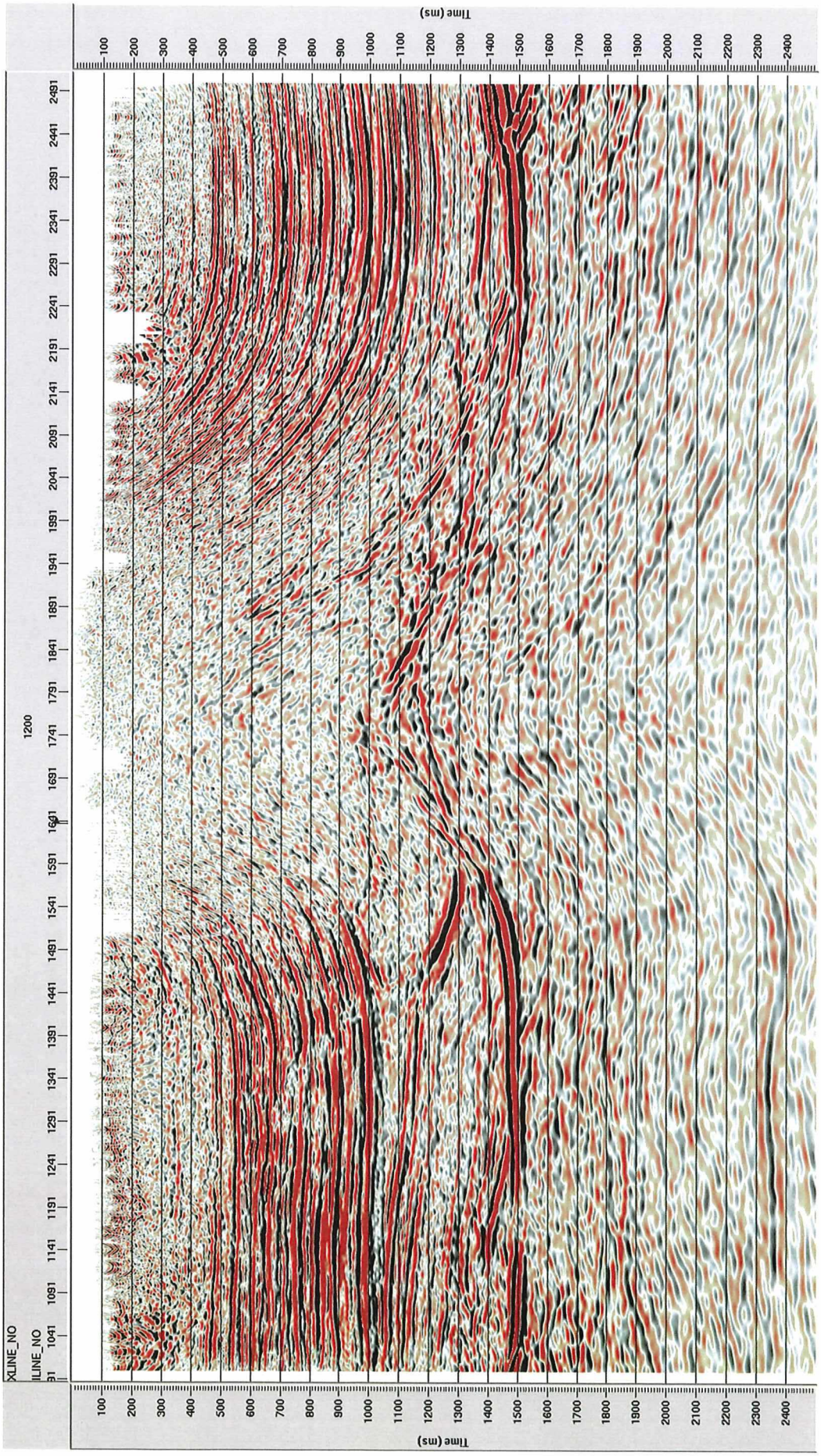


Abbildung 48: Post-Stack Zeitmigration, Crossline 1200

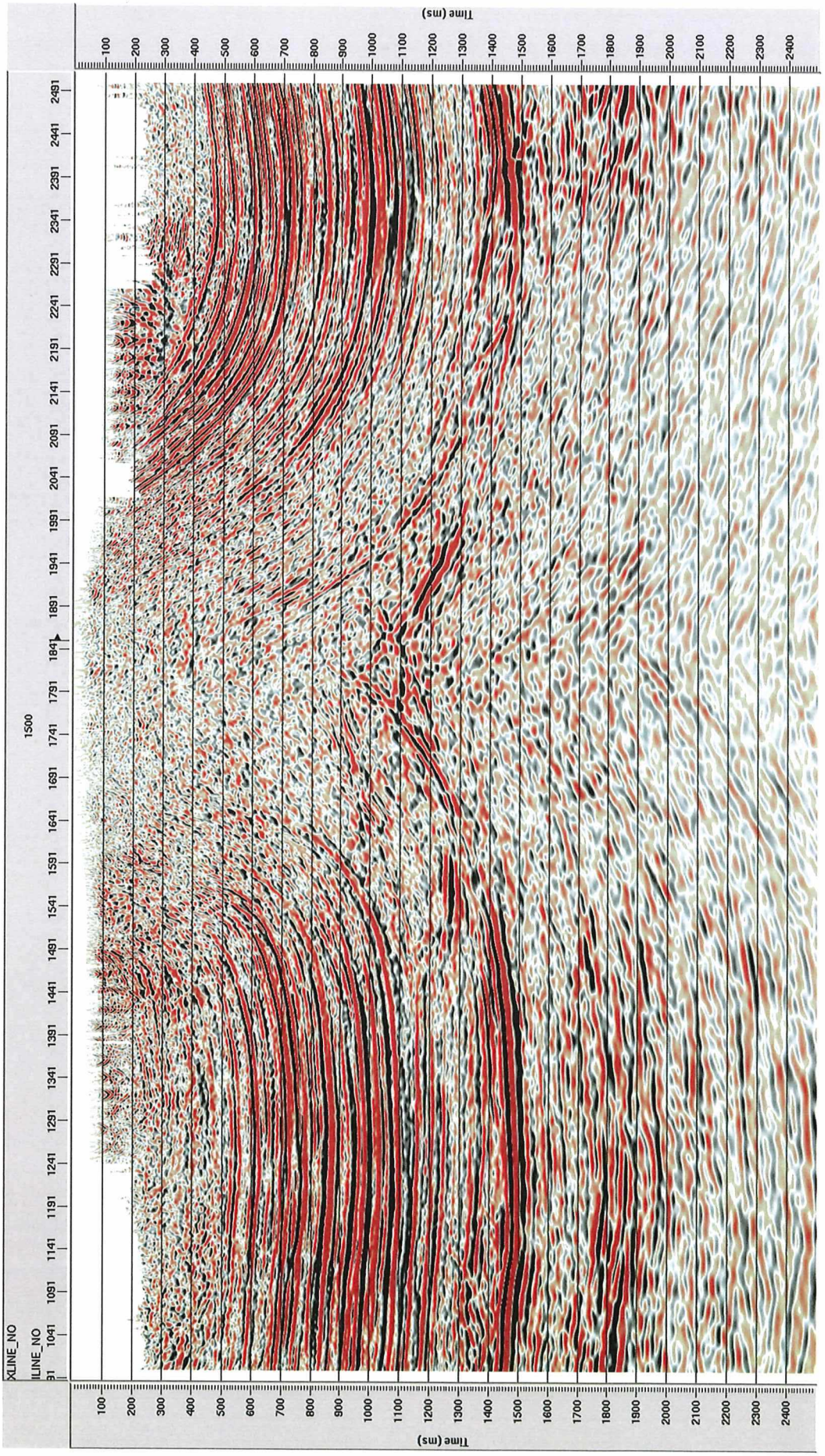


Abbildung 49: Post-Stack Zeitmigration, Crossline 1500

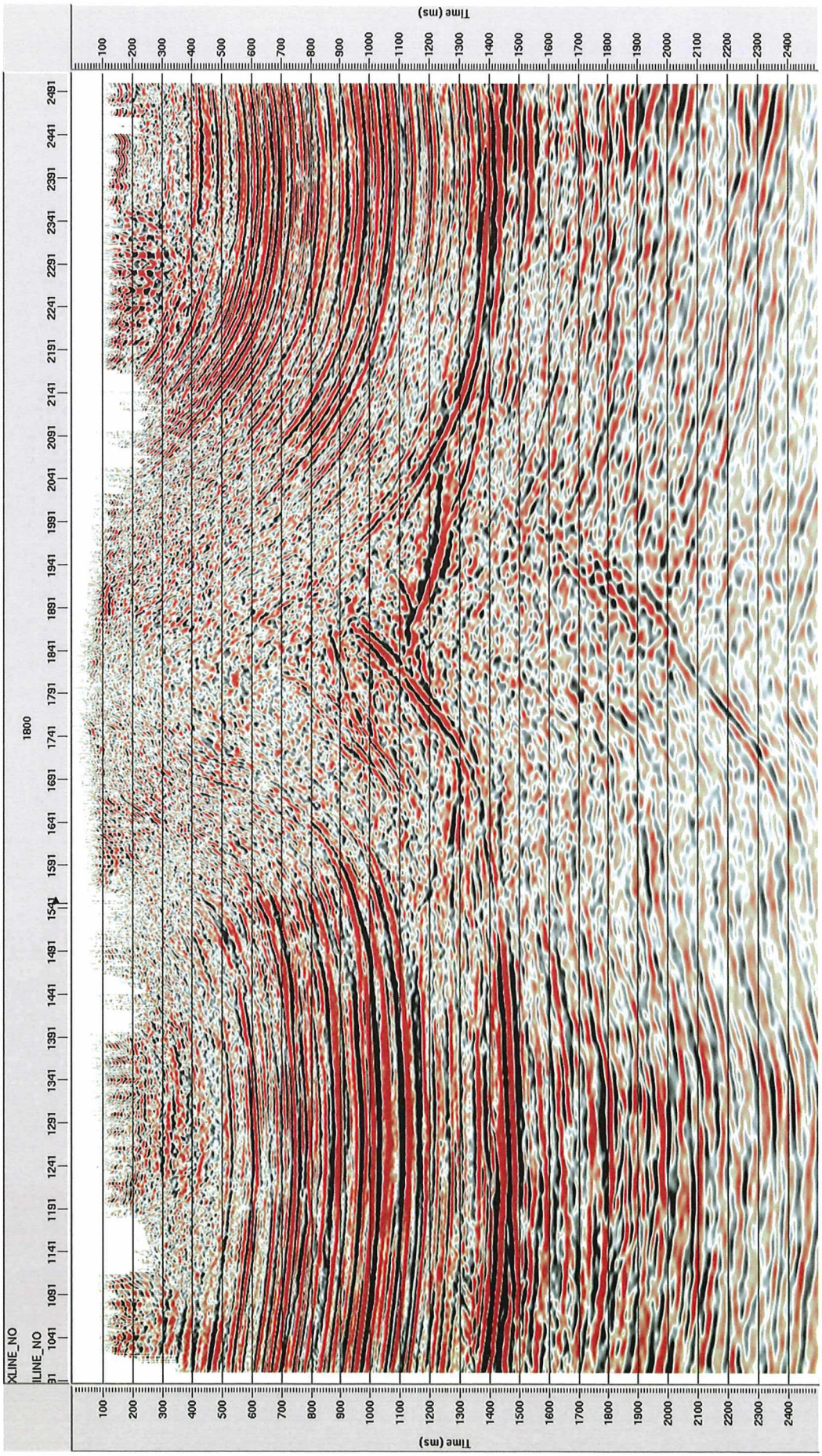


Abbildung 50: Post-Stack Zeitmigration, Crossline 1800

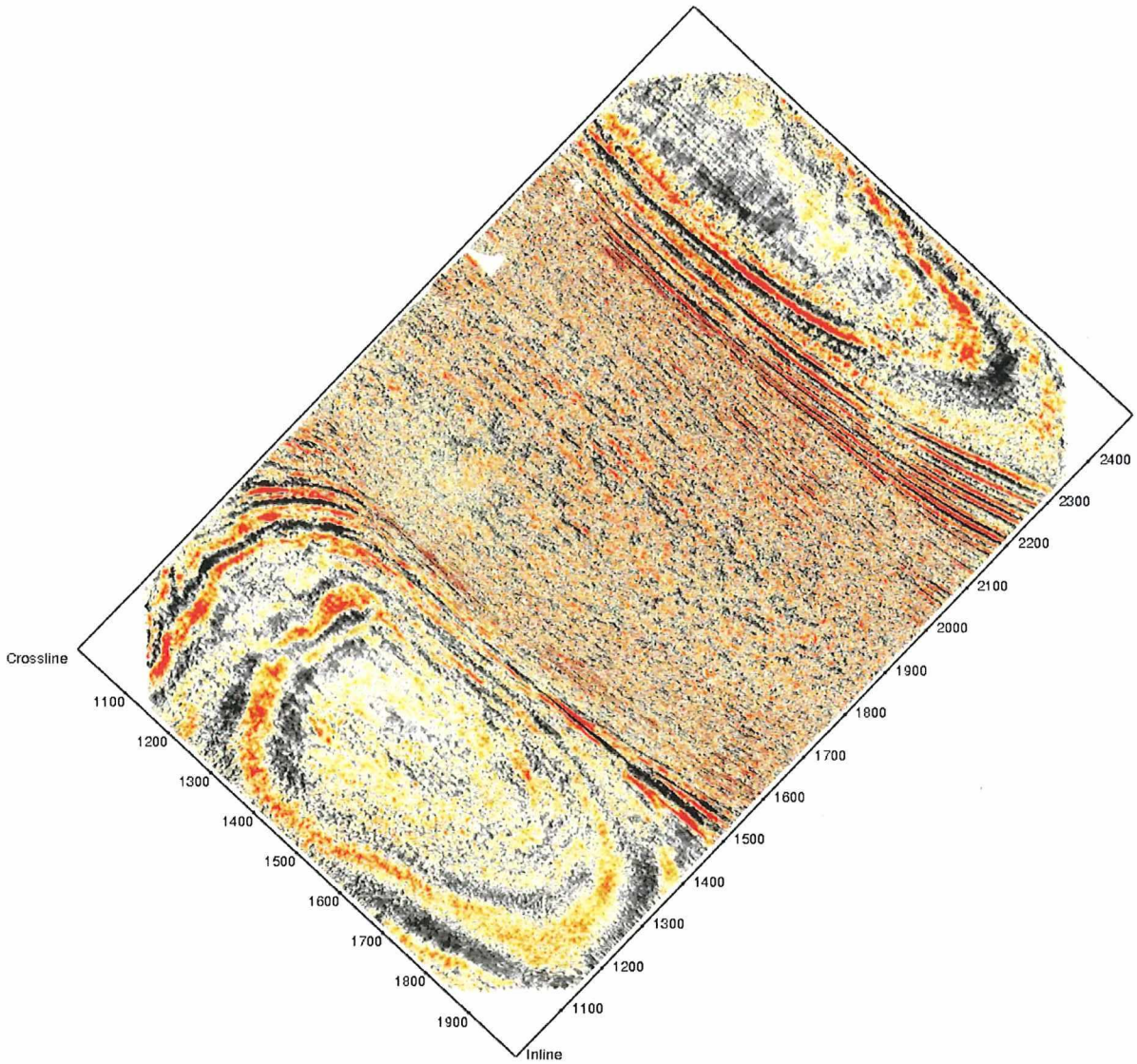


Abbildung 51: Finale Stapelung, Zeitscheibe bei 500 ms

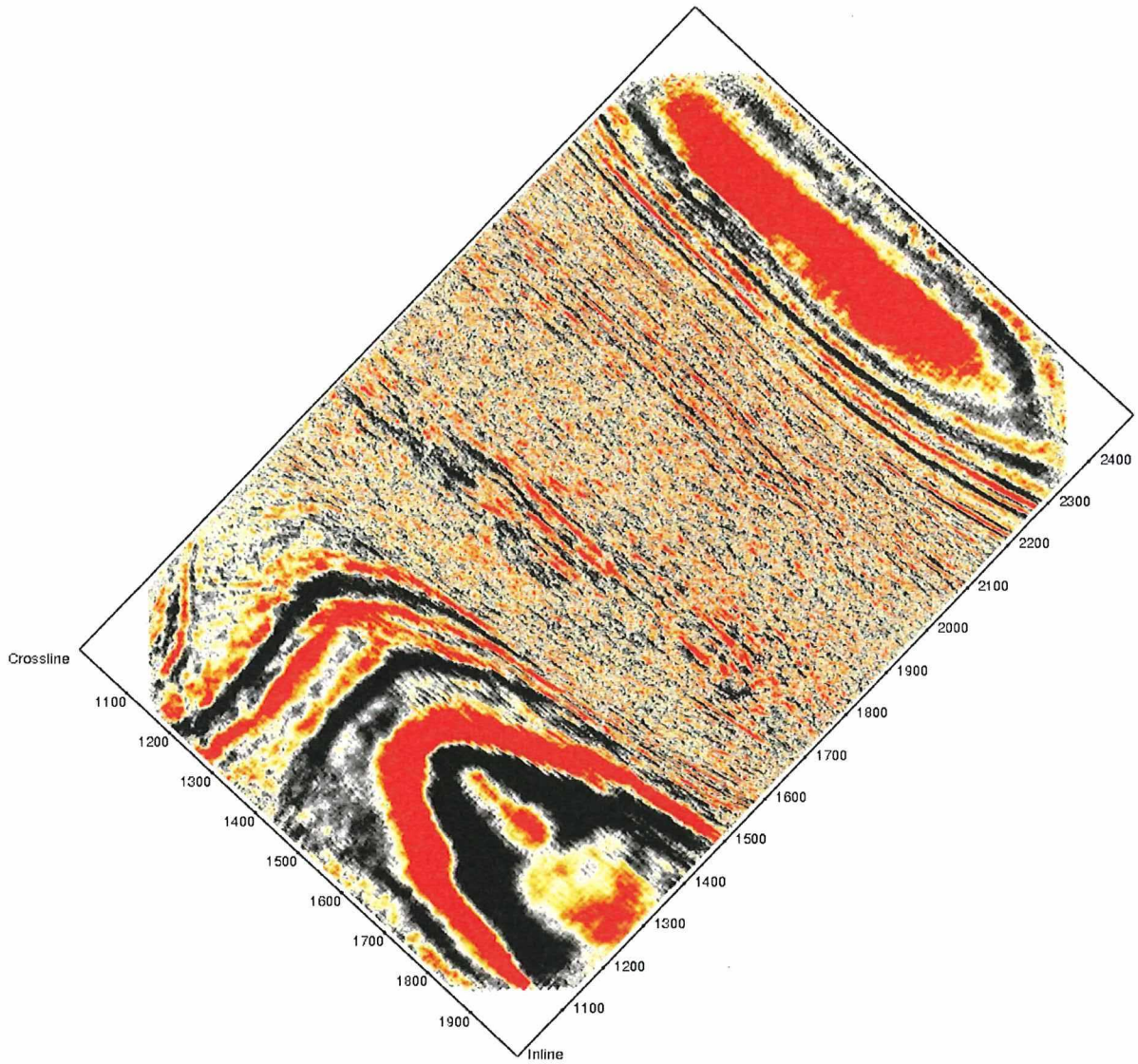


Abbildung 52: Finale Stapelung, Zeitscheibe bei 1000 ms

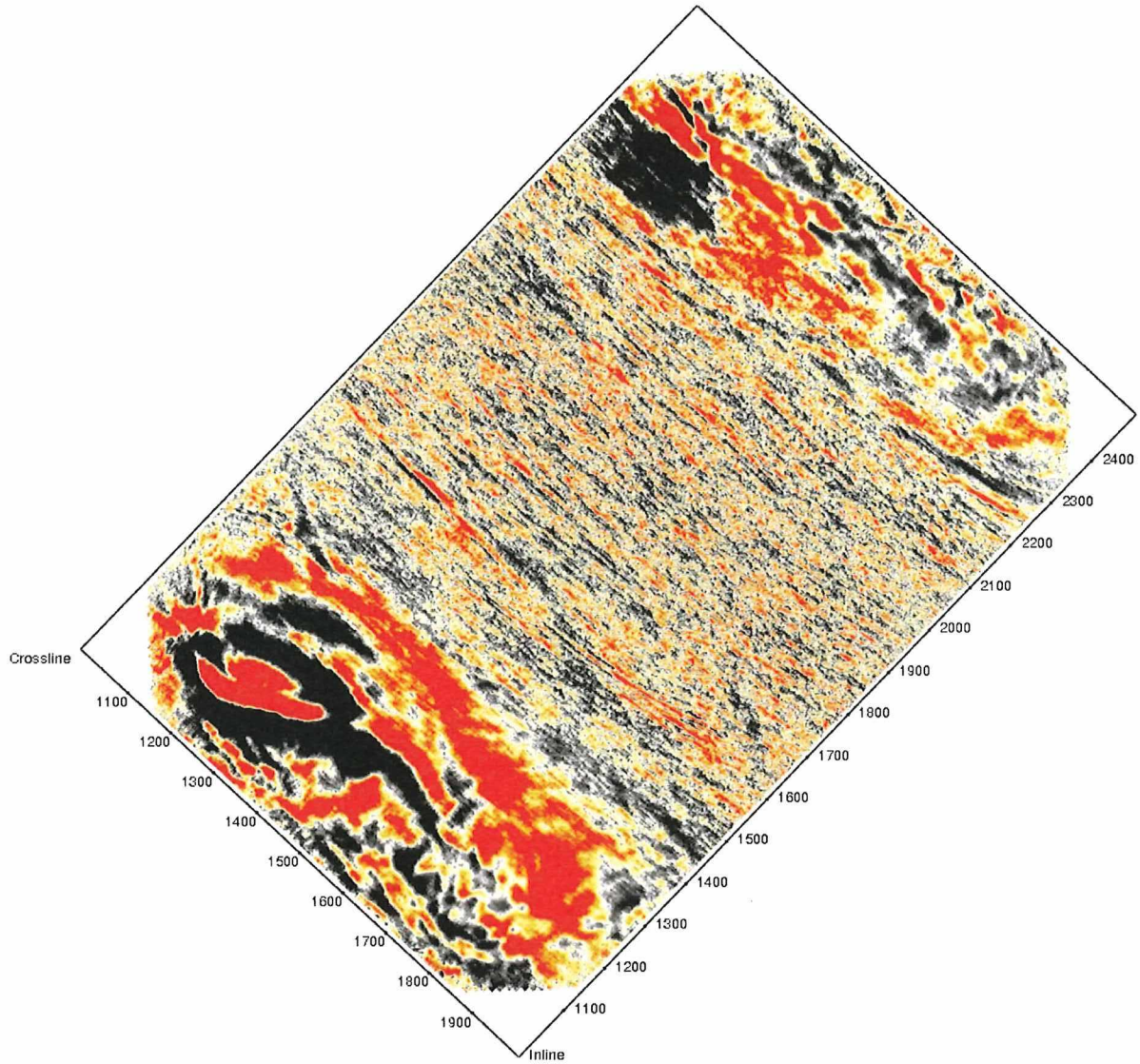


Abbildung 53: Finale Stapelung, Zeitscheibe bei 1500 ms

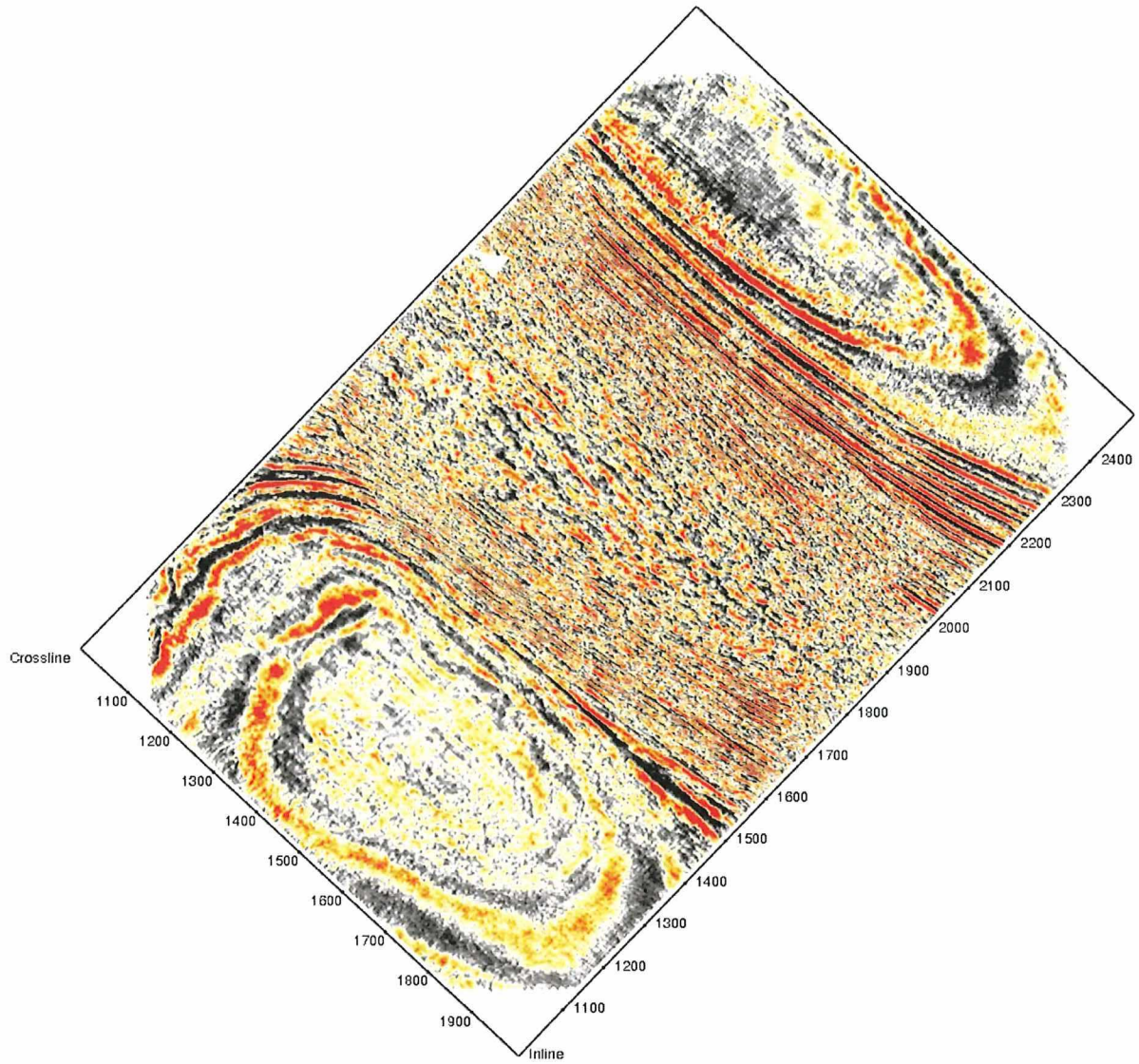


Abbildung 54: Post-Stack Zeitmigration, Zeitscheibe bei 500 ms

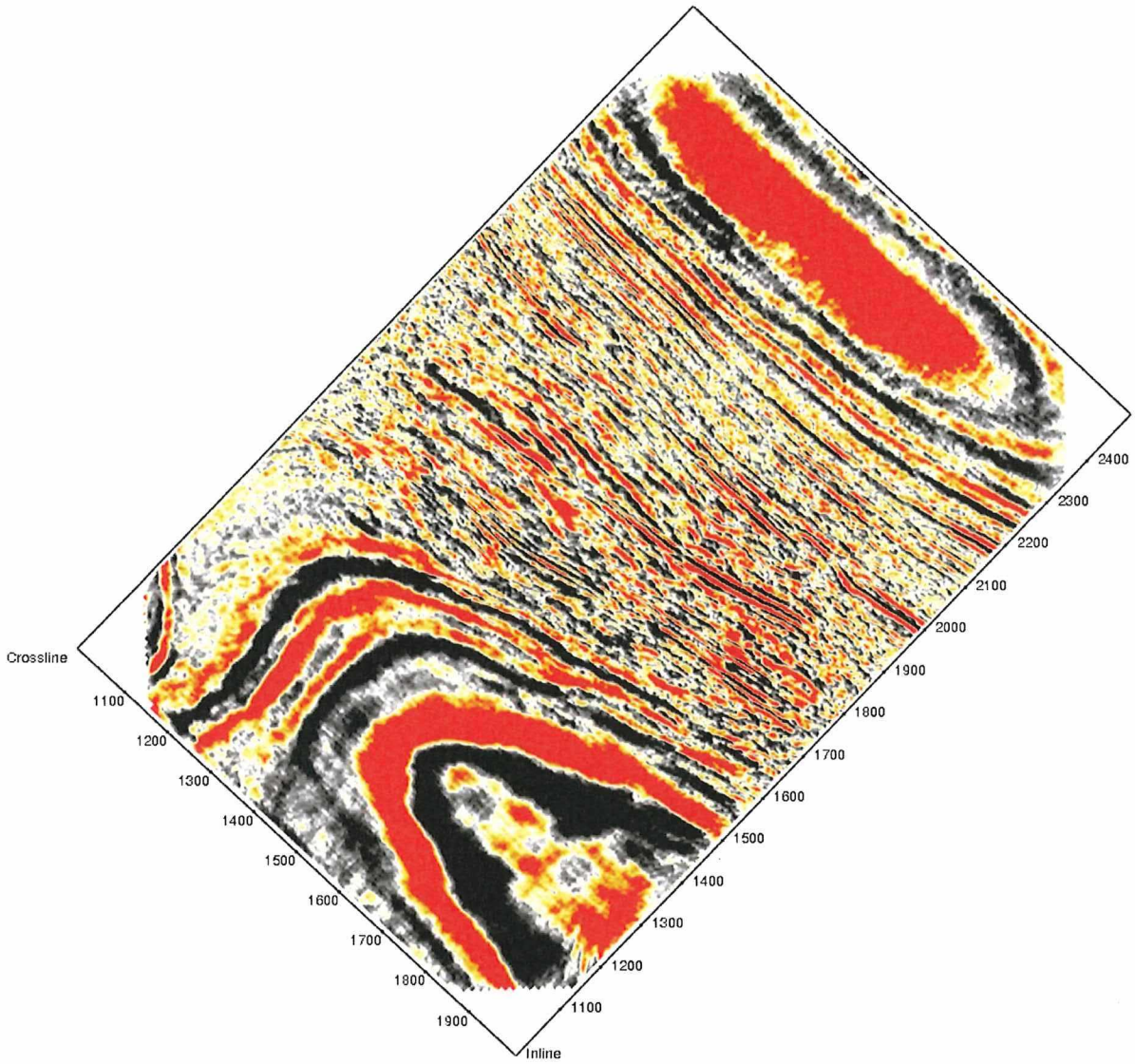


Abbildung 55: Post-Stack Zeitmigration, Zeitscheibe bei 1000 ms

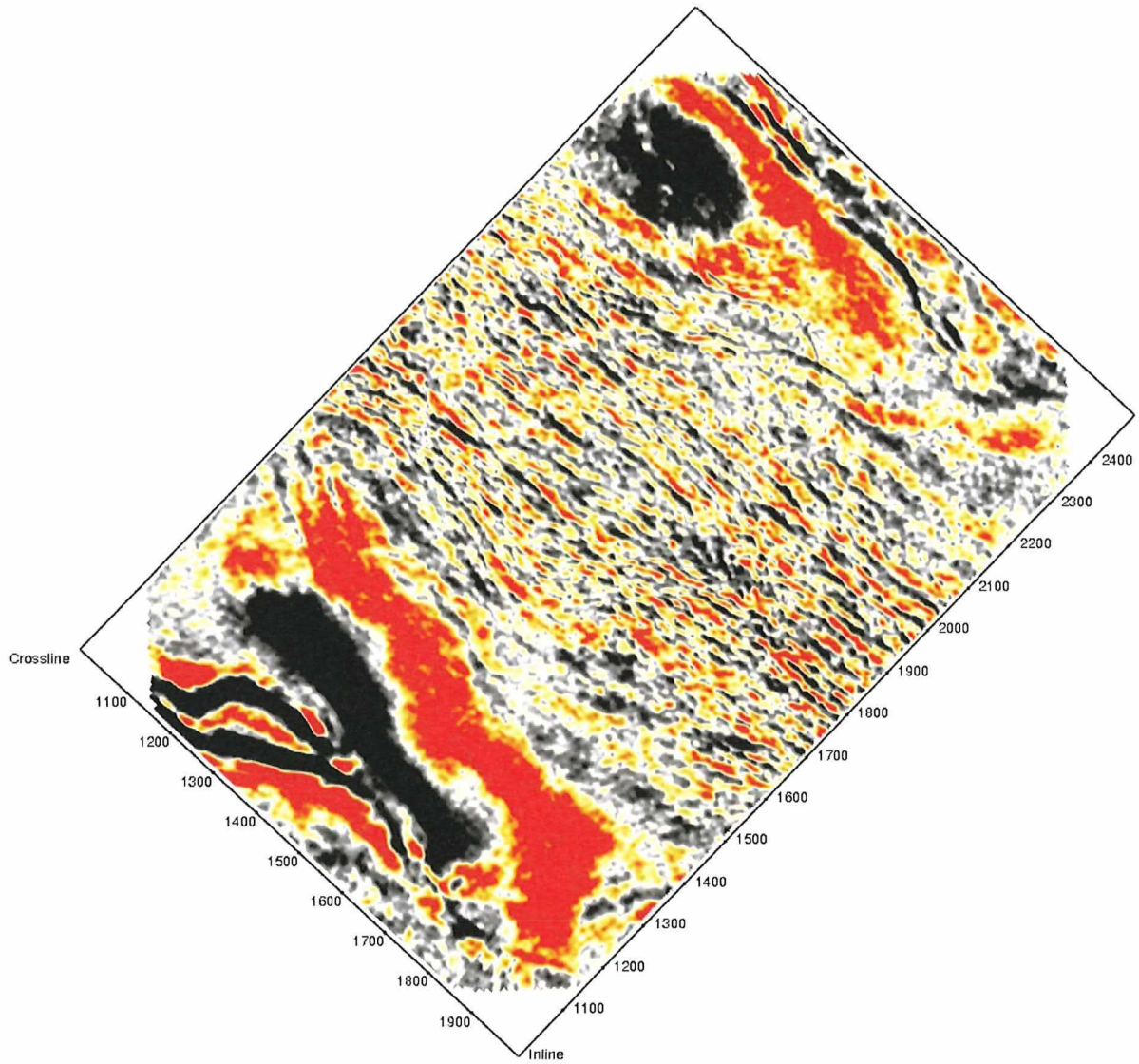


Abbildung 56: Post-Stack Zeitmigration, Zeitscheibe bei 1500 ms

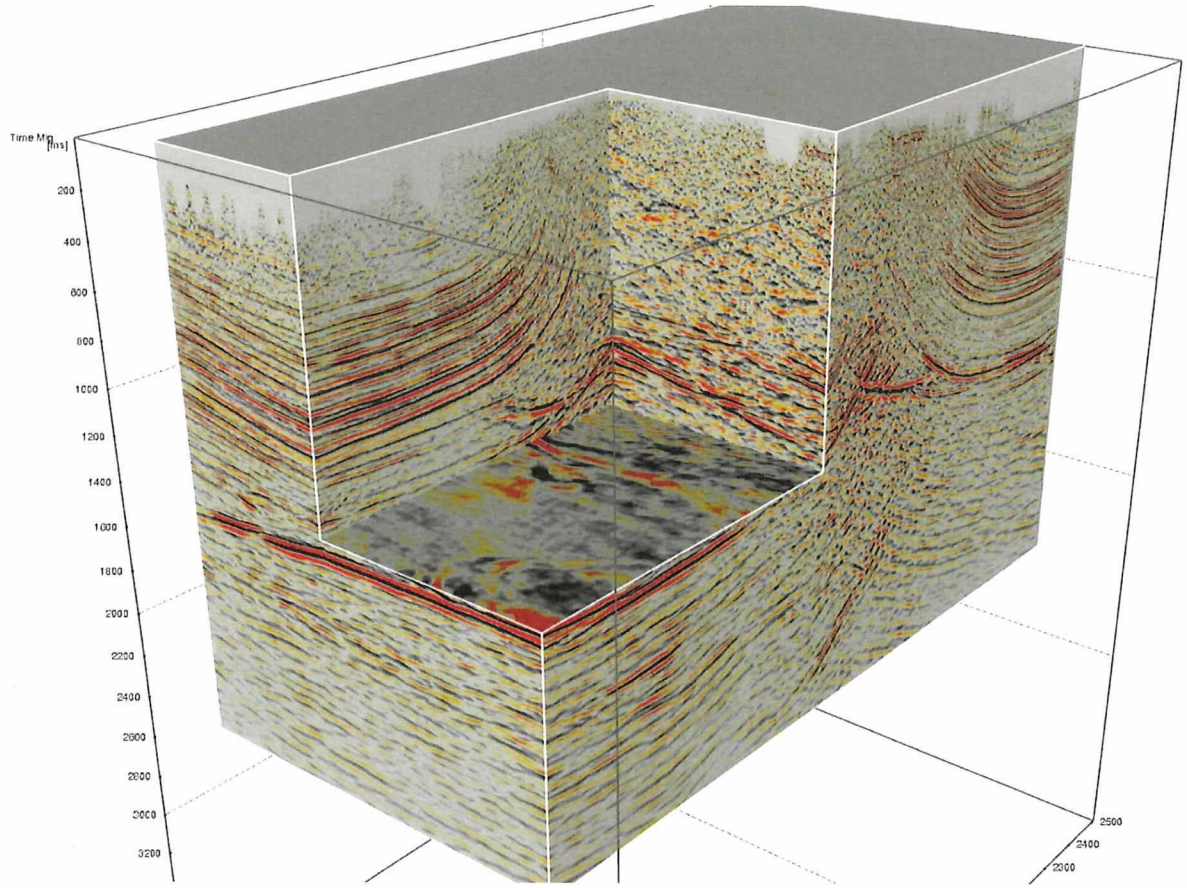
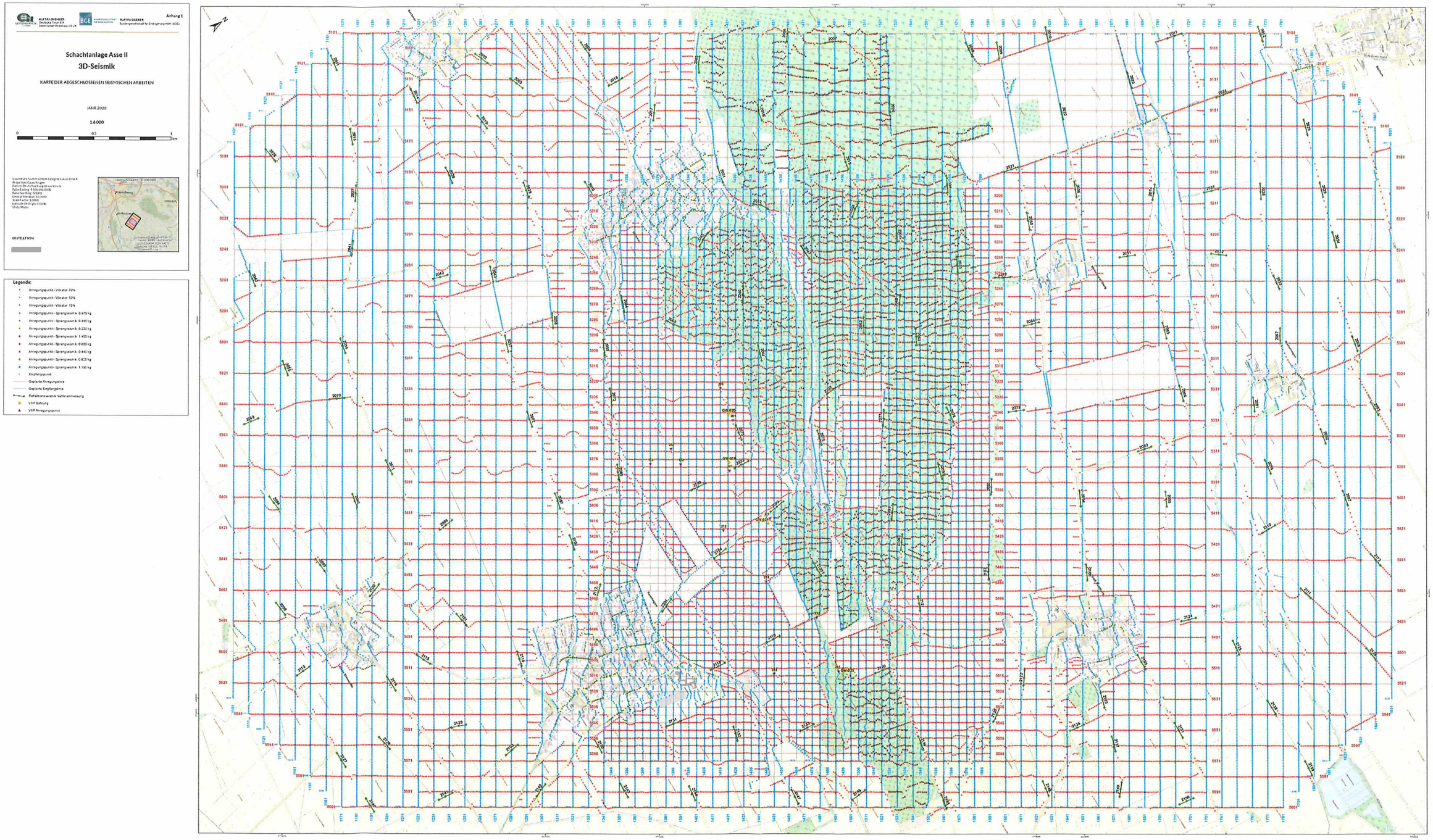


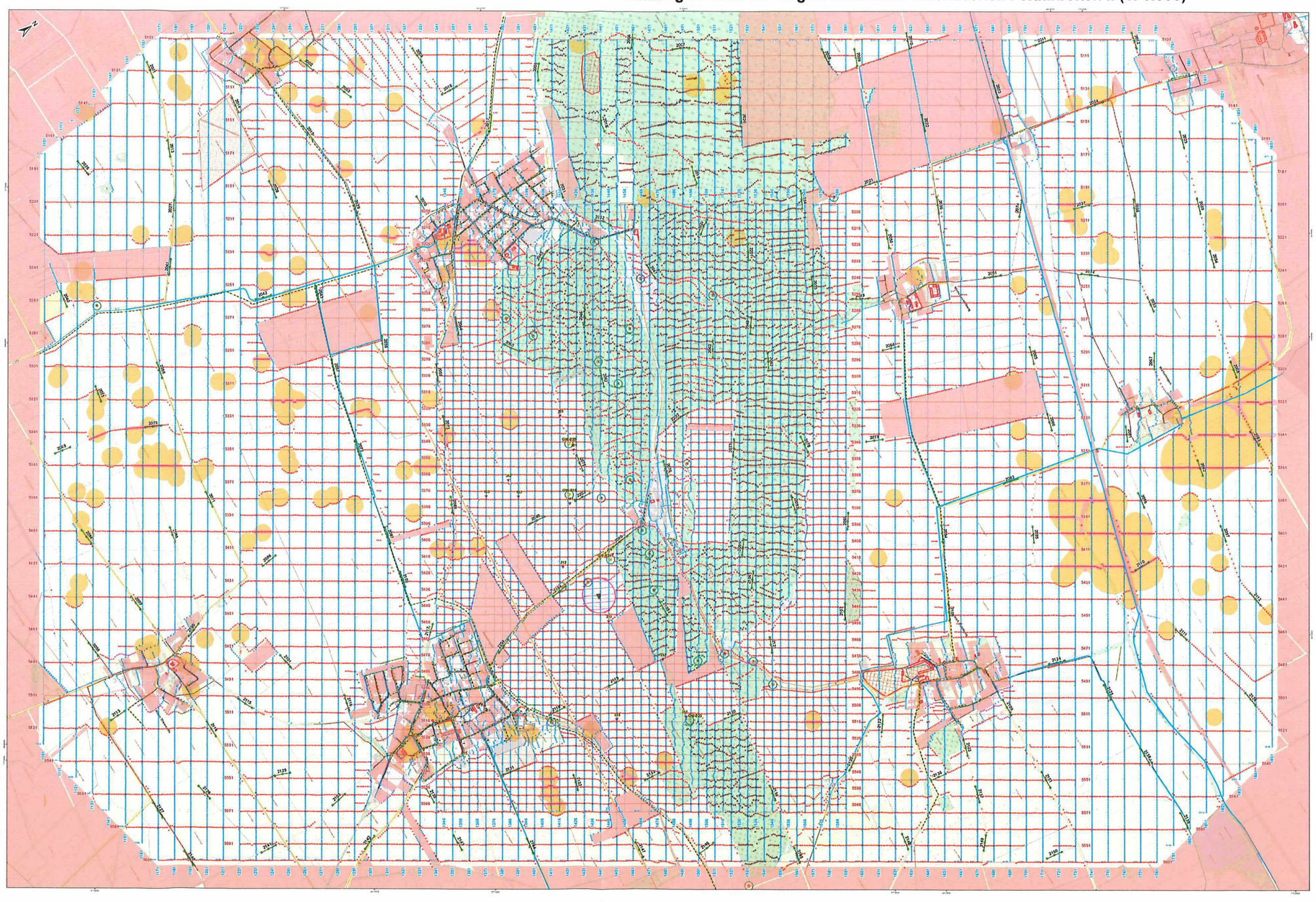
Abbildung 57: Post-Stack Zeitmigration Cube

Anhang 1: Karte der abgeschlossenen seismischen Arbeiten I (1:6.000)

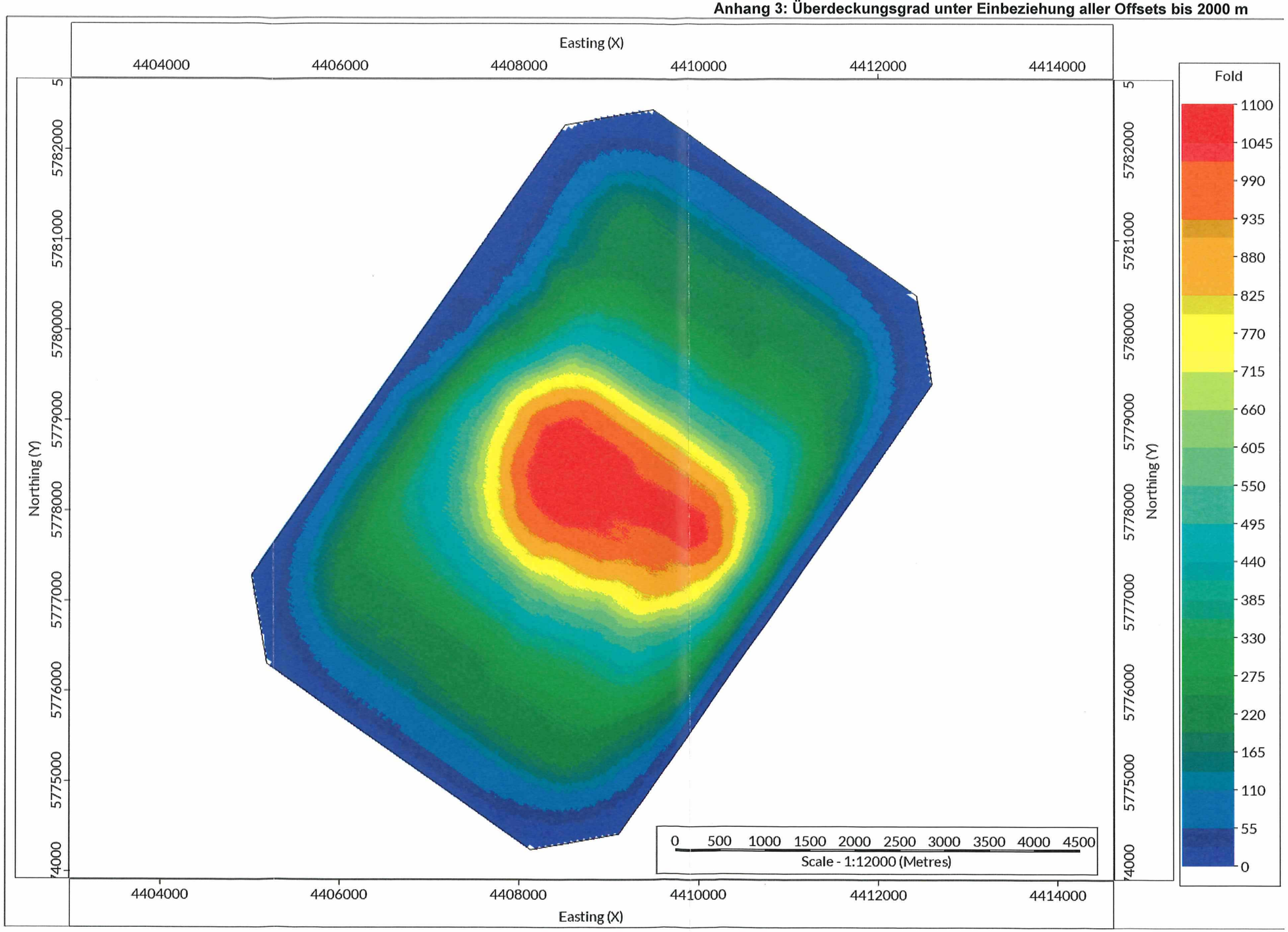


KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 2: Karte der abgeschlossenen seismischen Feldarbeiten II (1: 6.000)

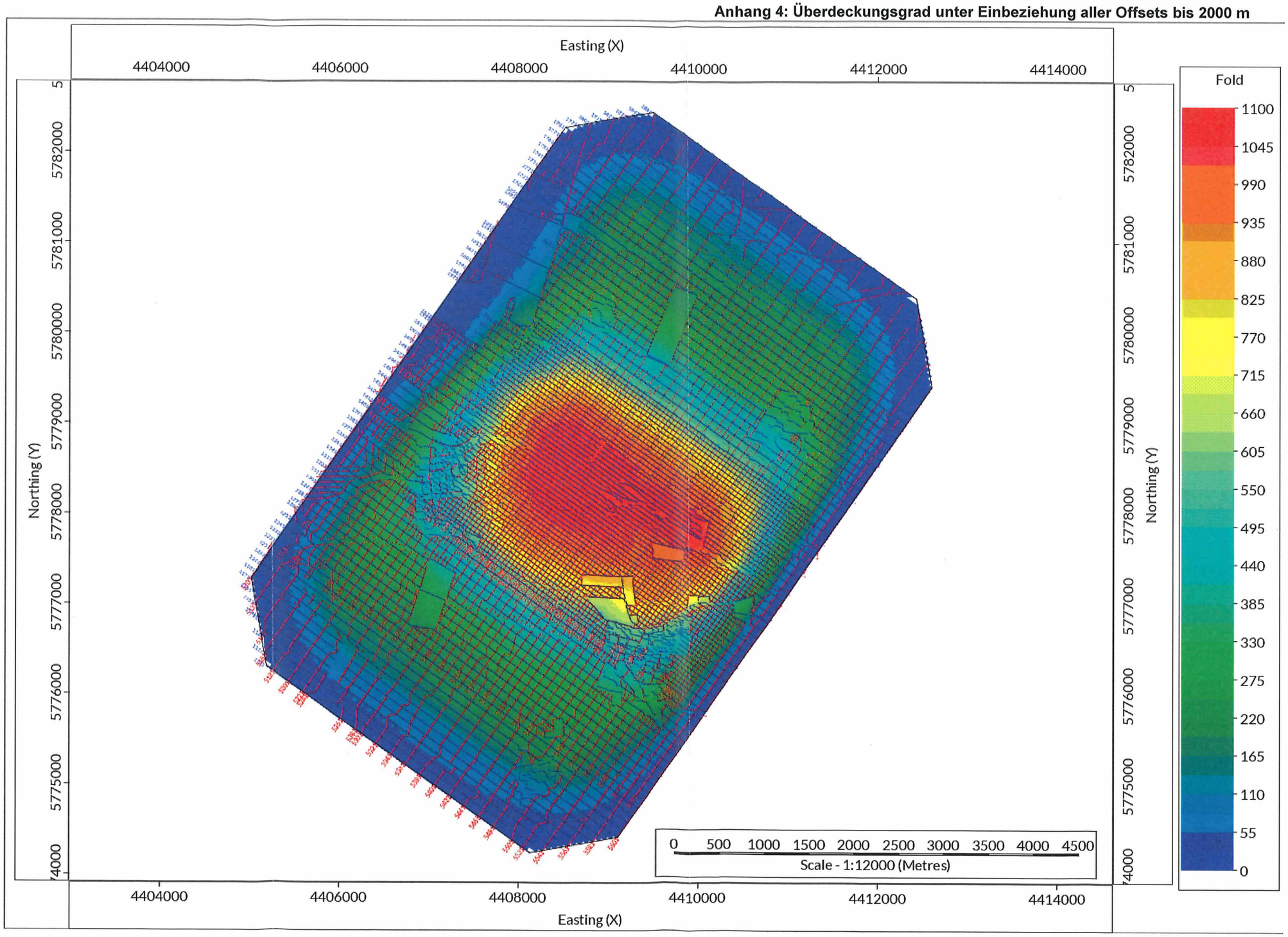


Anhang 3: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 2000 m



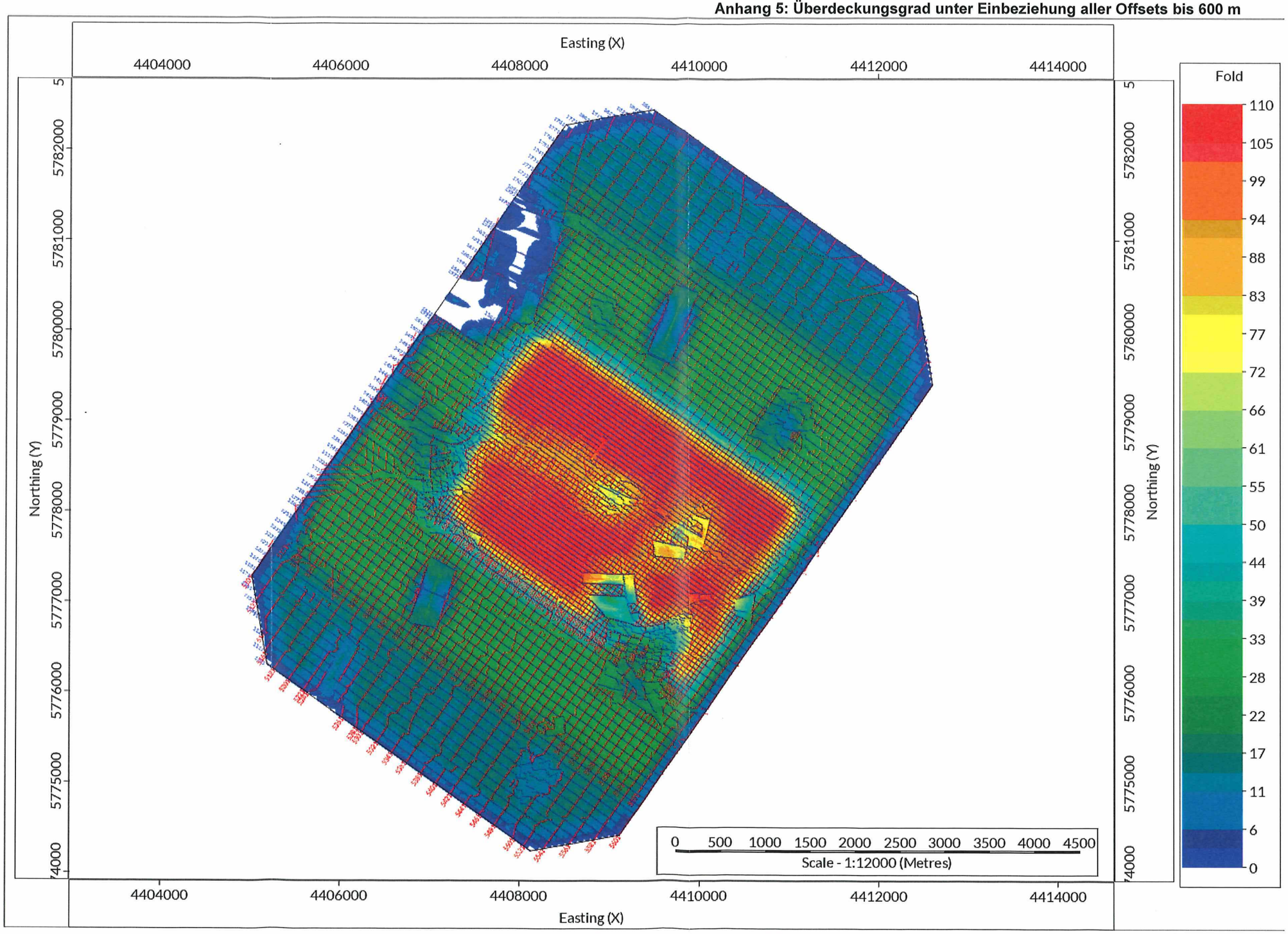
KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Anhang 4: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 2000 m

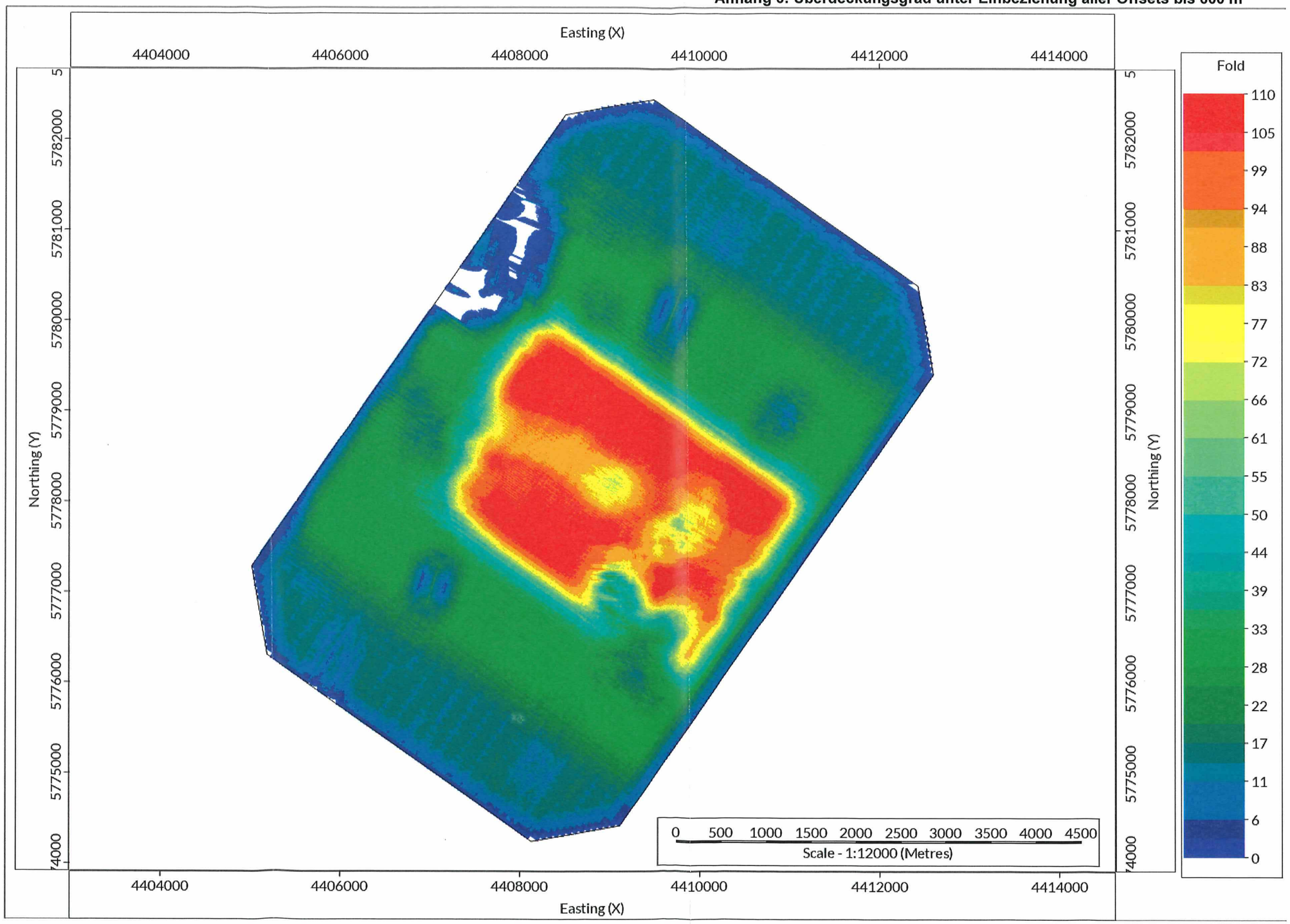


KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

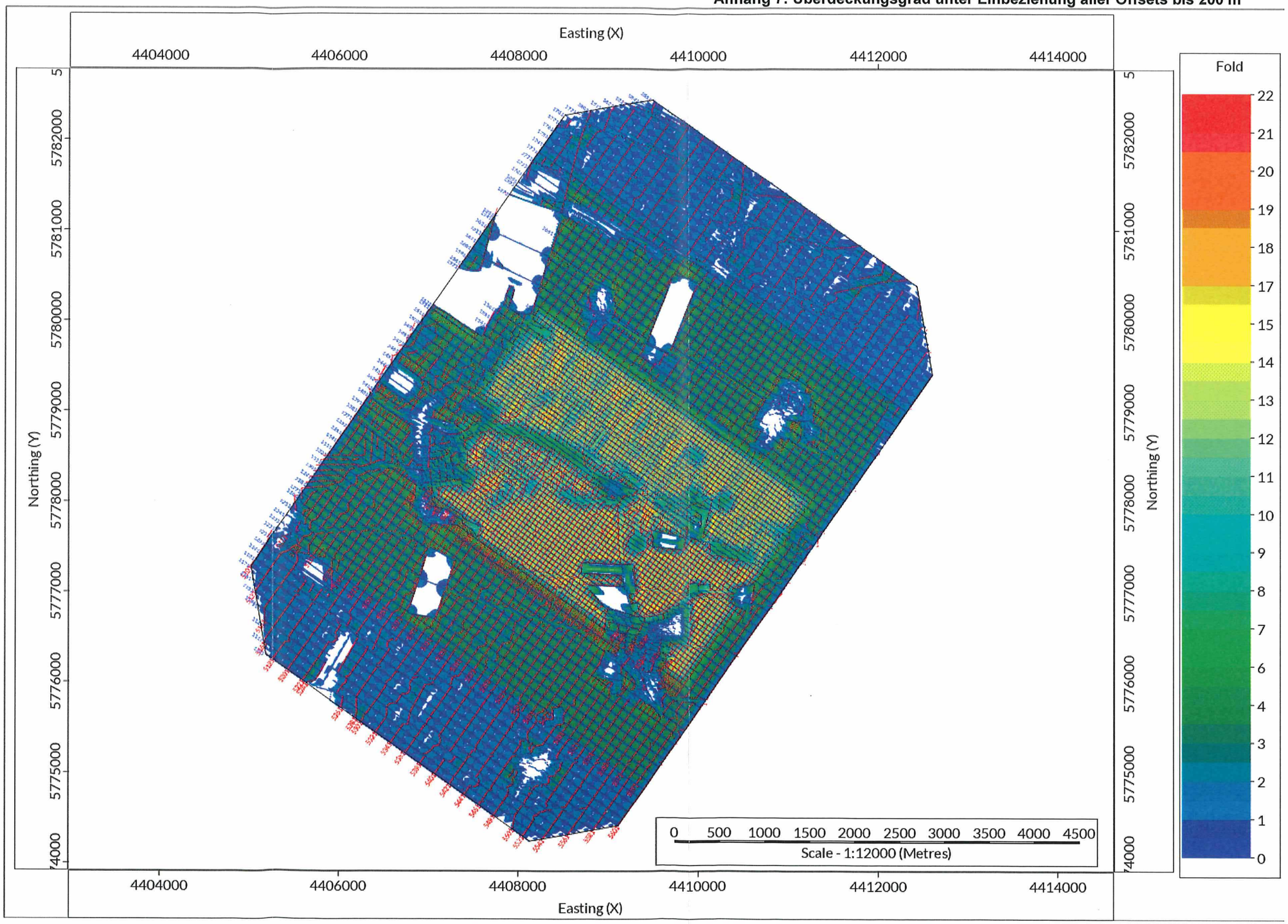
Anhang 5: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 600 m



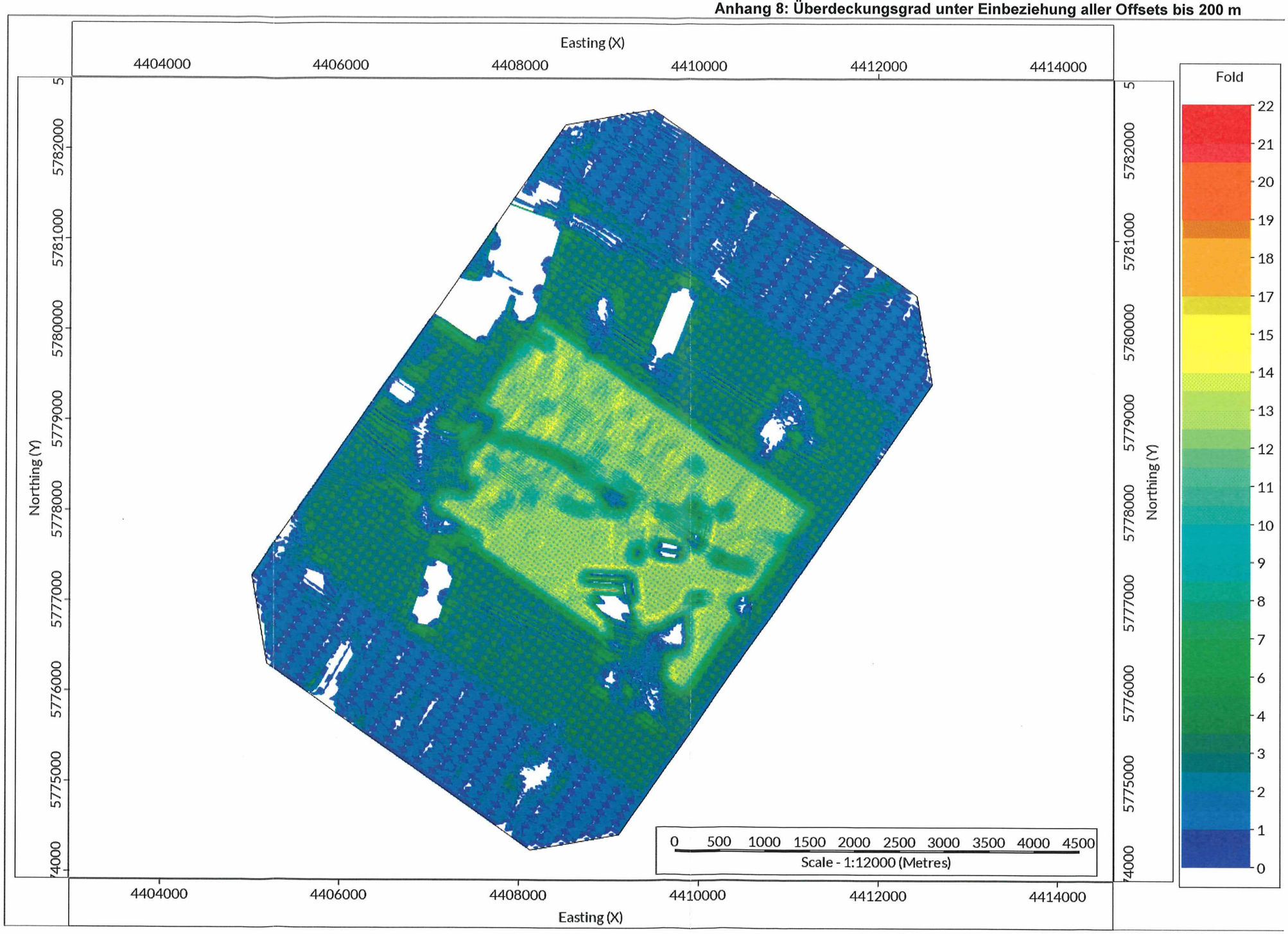
Anhang 6: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 600 m



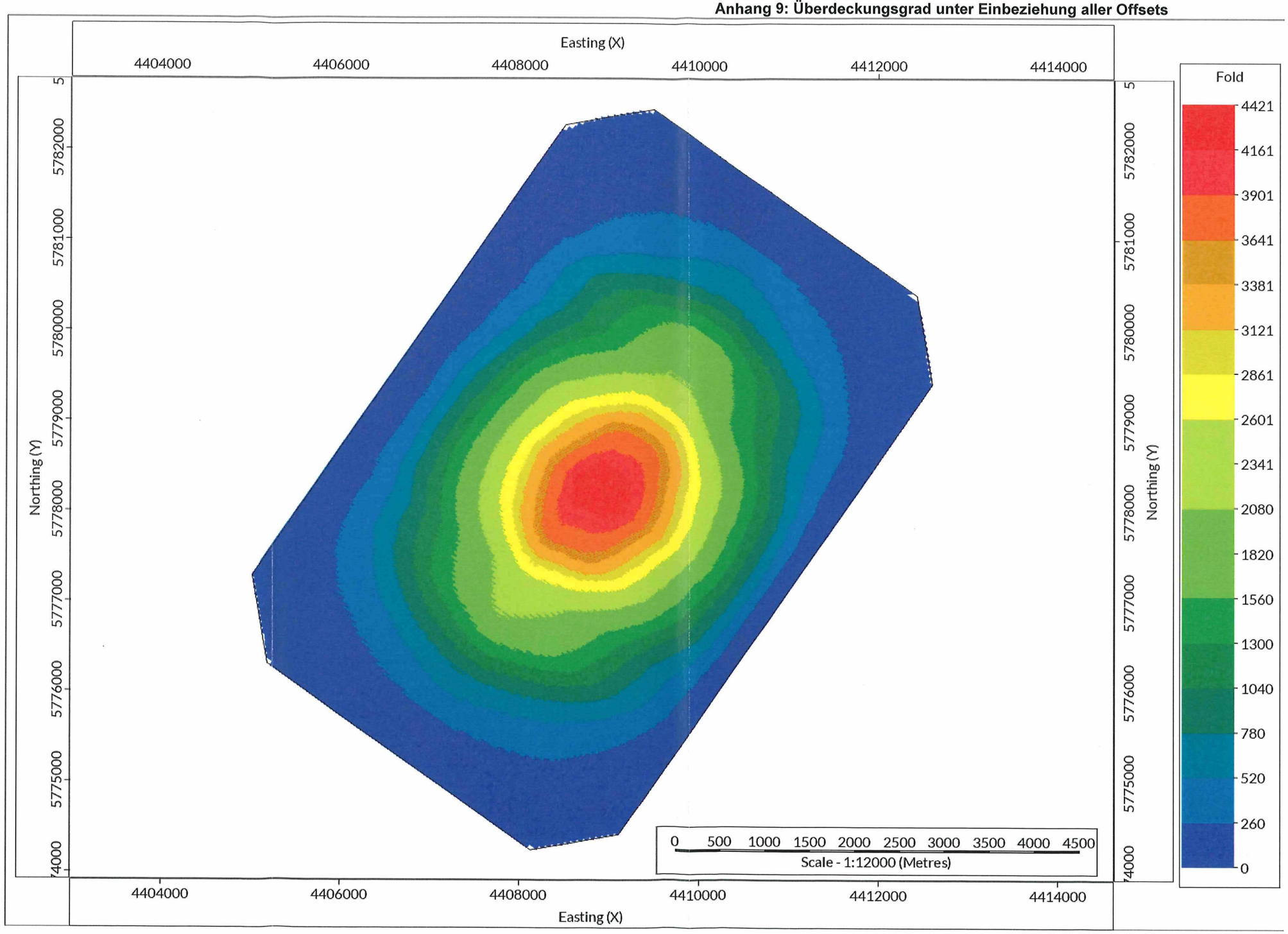
Anhang 7: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 200 m



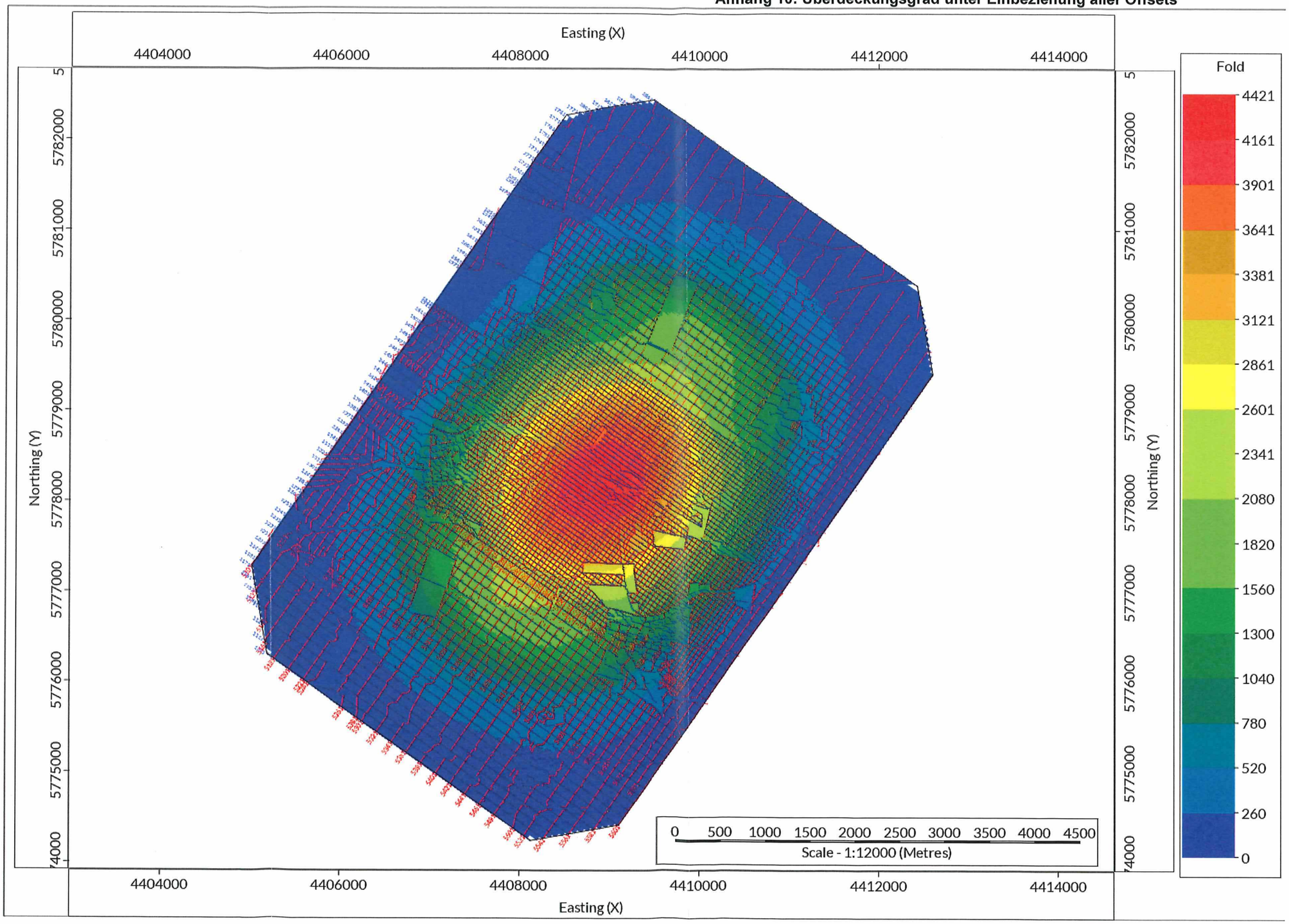
Anhang 8: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets bis 200 m



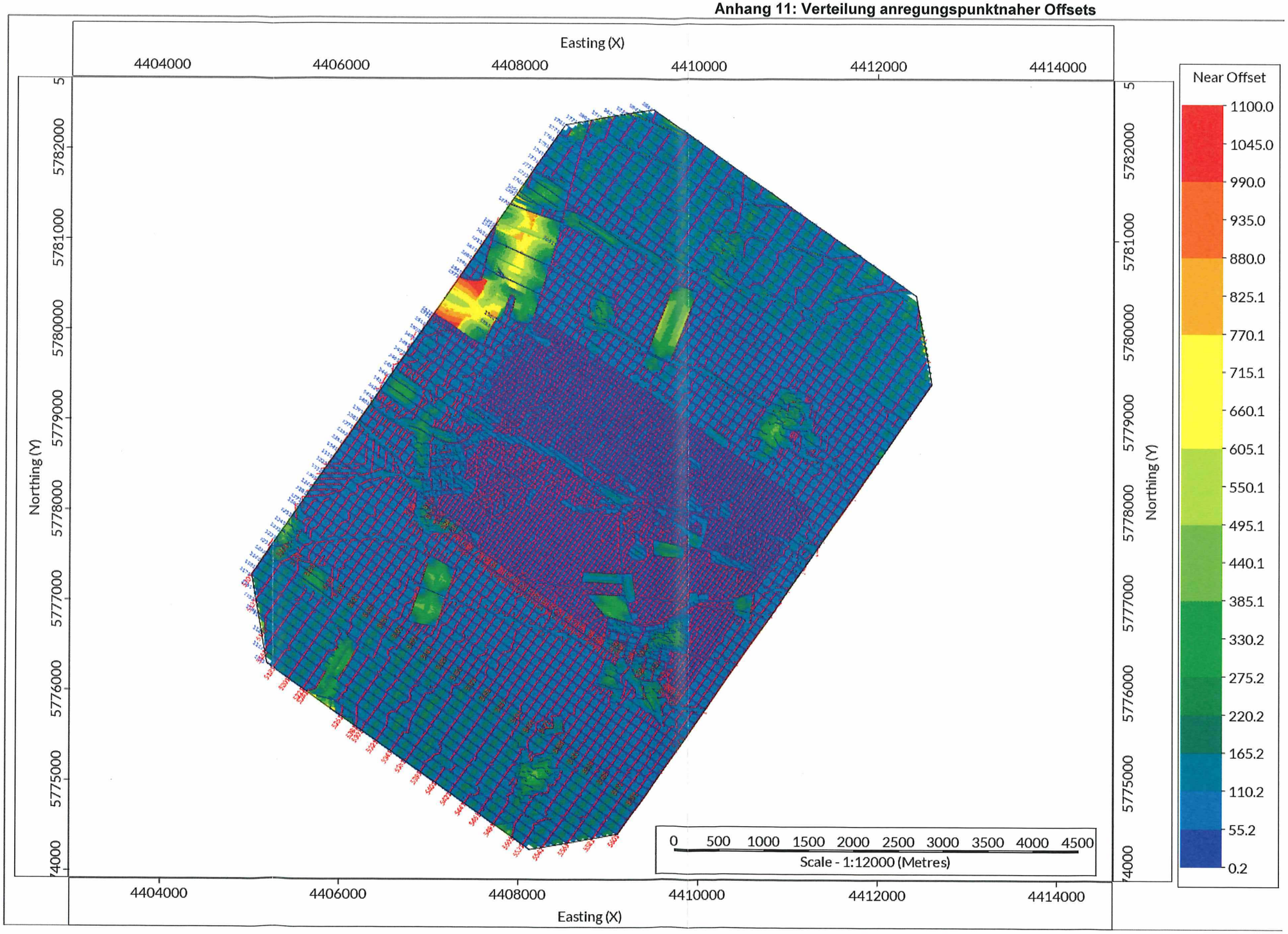
Anhang 9: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets



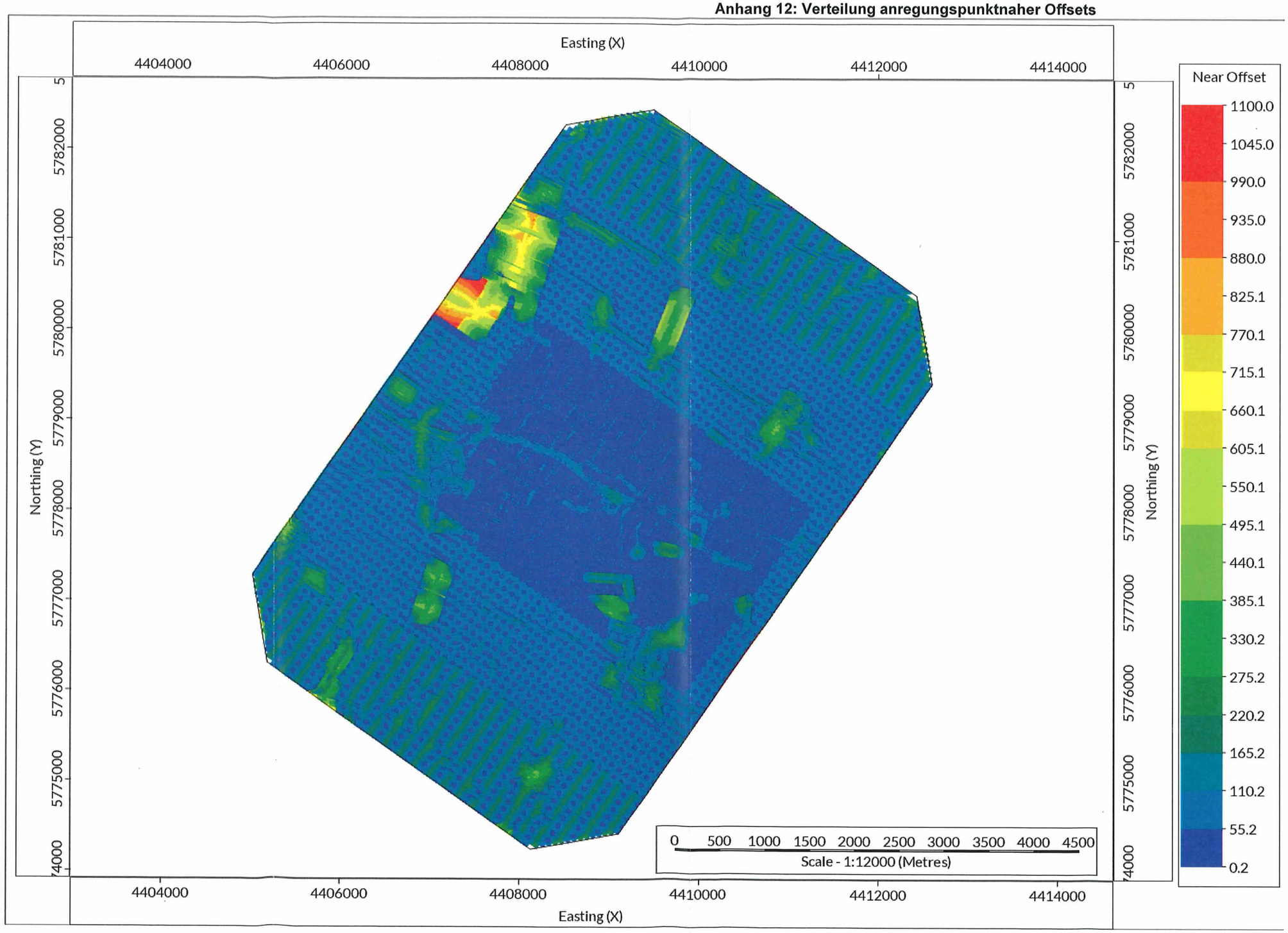
Anhang 10: Überdeckungsgrad unter Einbeziehung aller Offsets



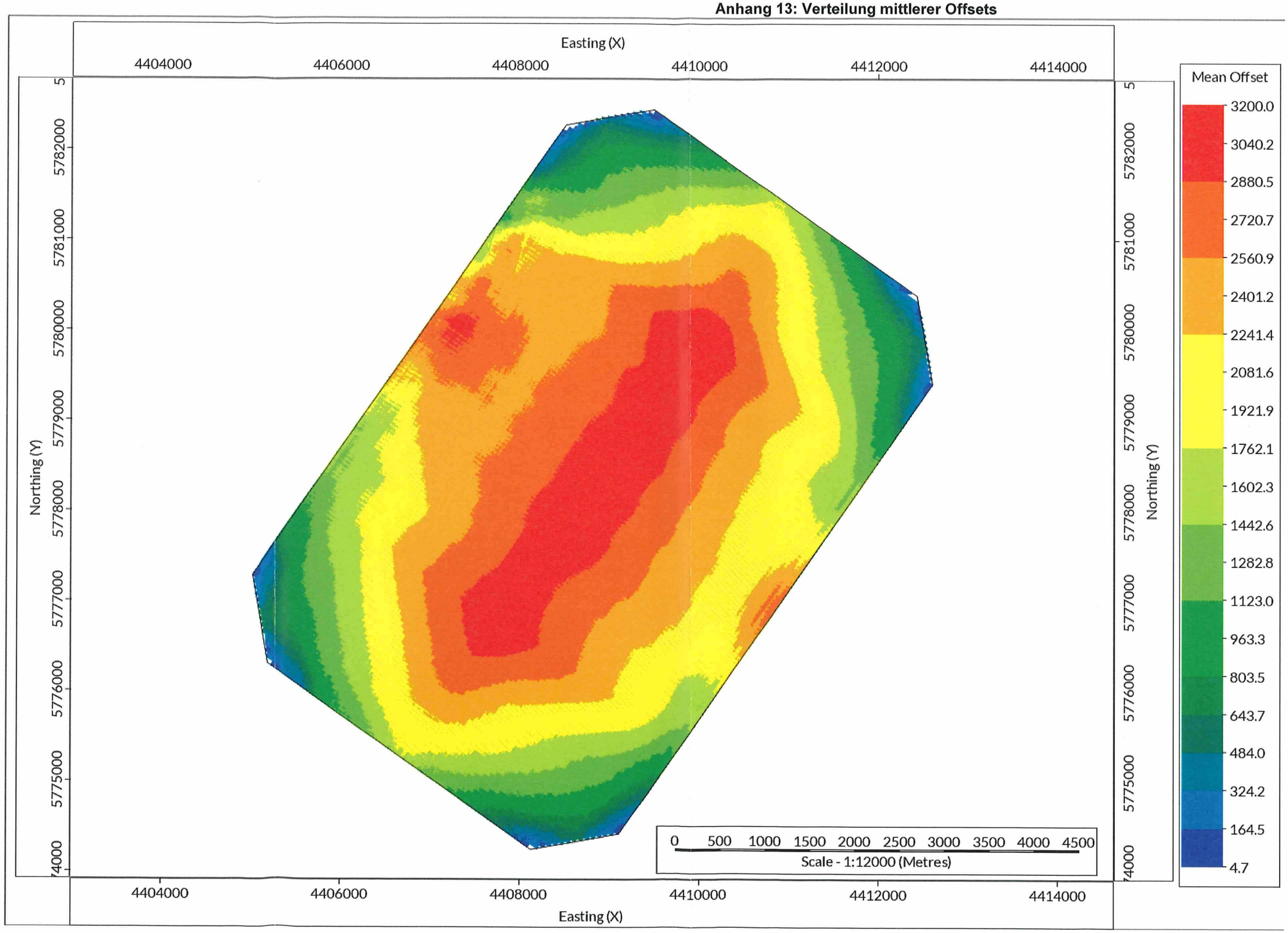
Anhang 11: Verteilung anregungspunktnaher Offsets



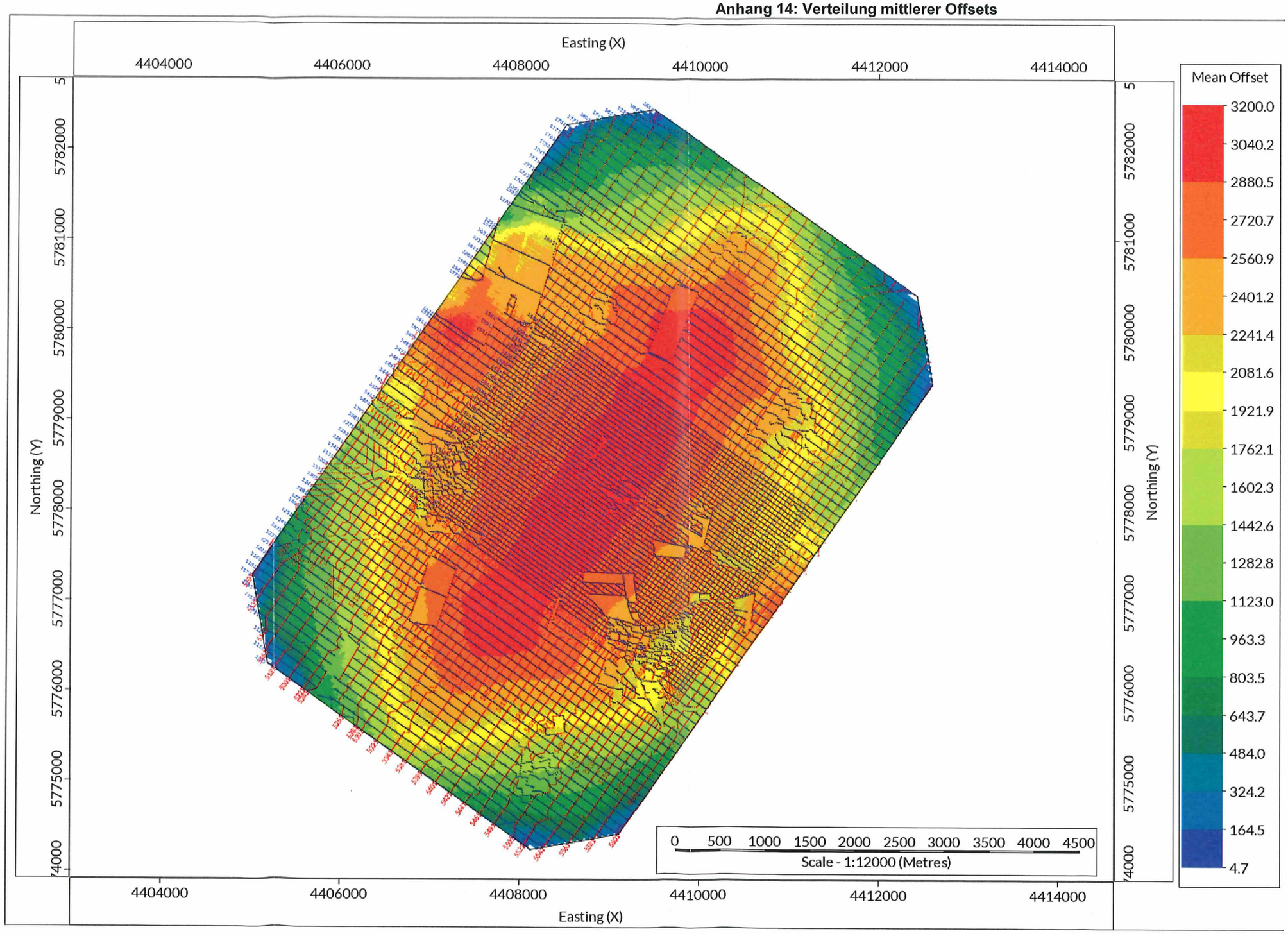
Anhang 12: Verteilung anregungspunktnaher Offsets



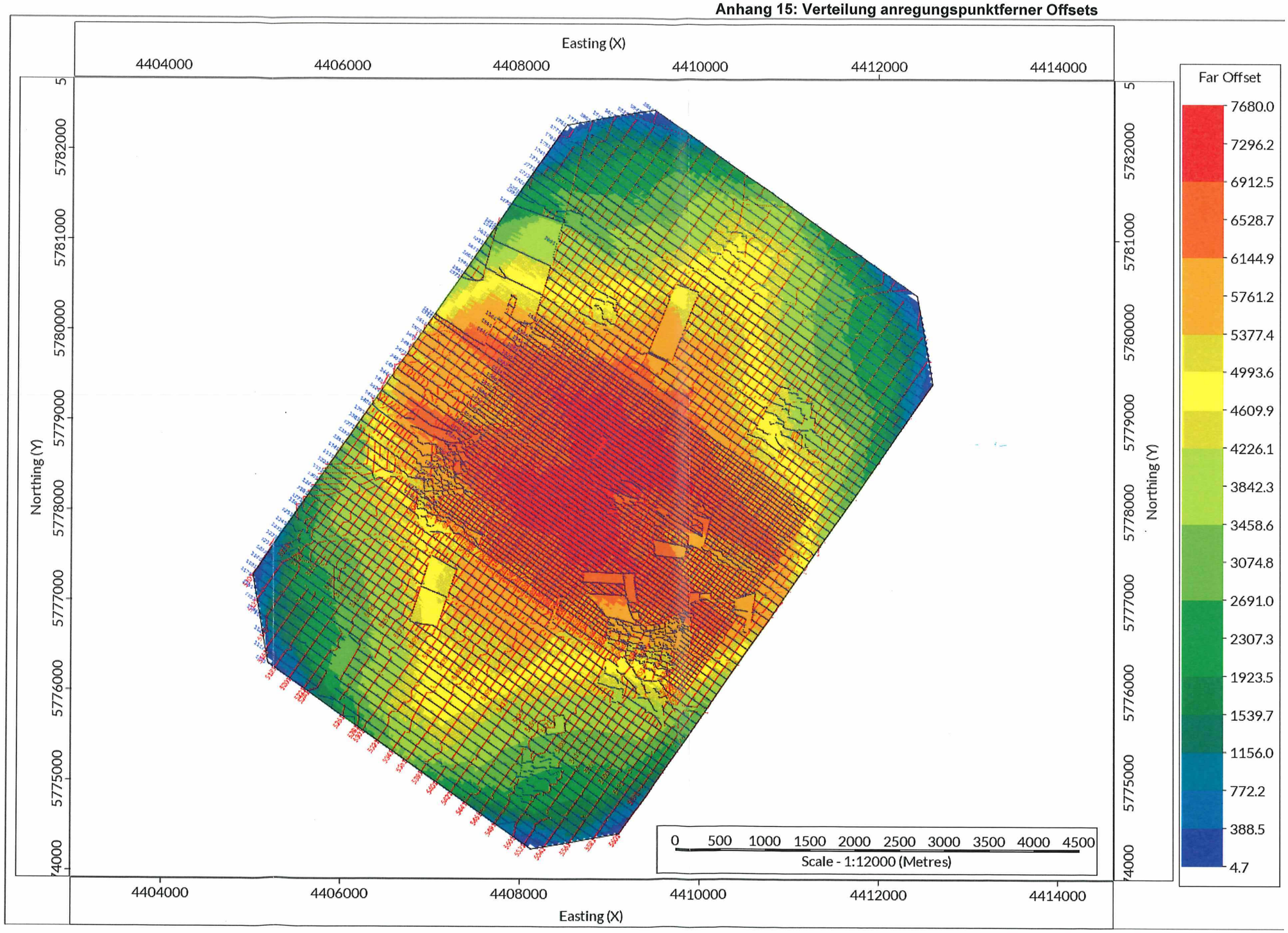
Anhang 13: Verteilung mittlerer Offsets



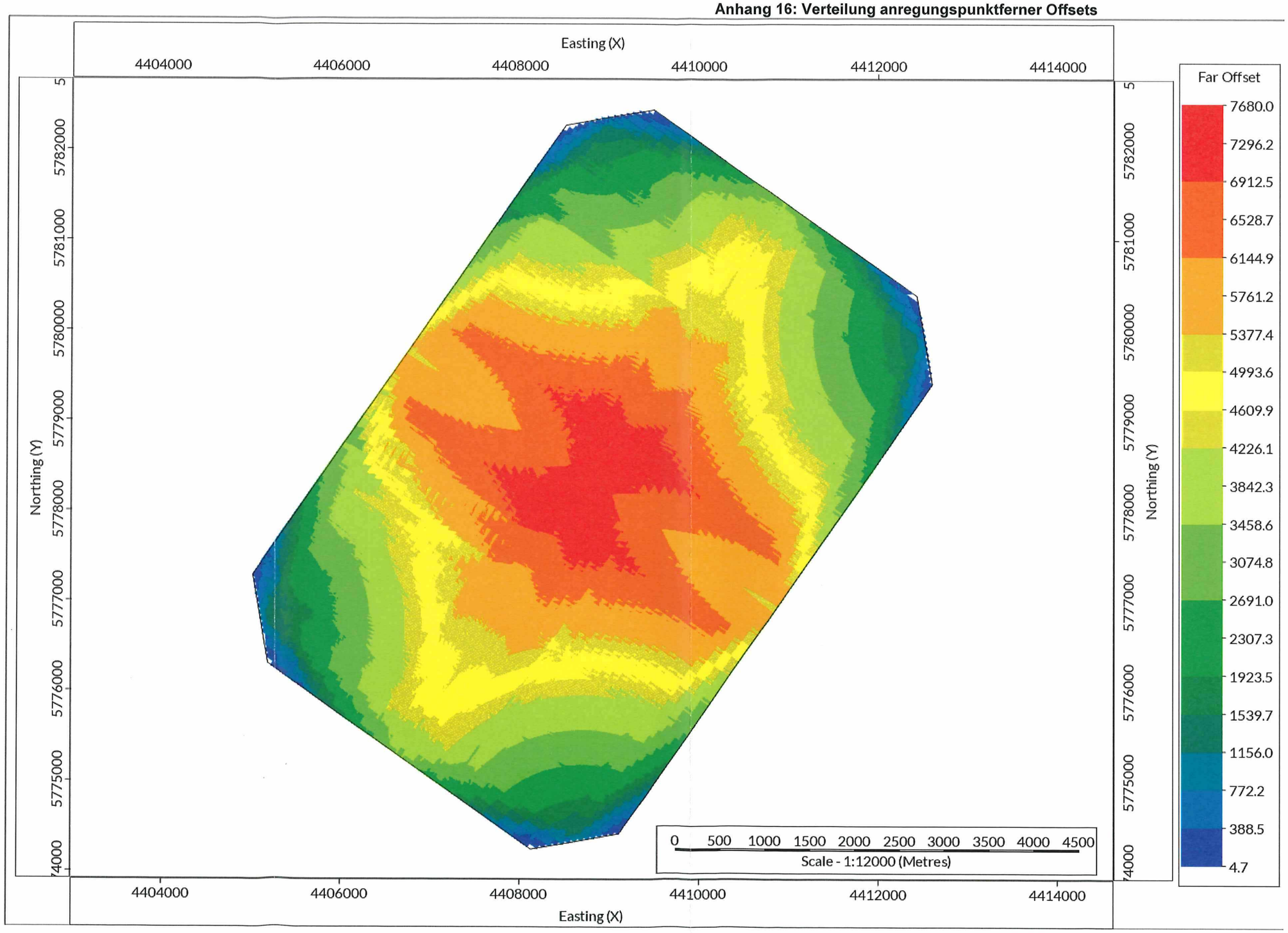
Anhang 14: Verteilung mittlerer Offsets



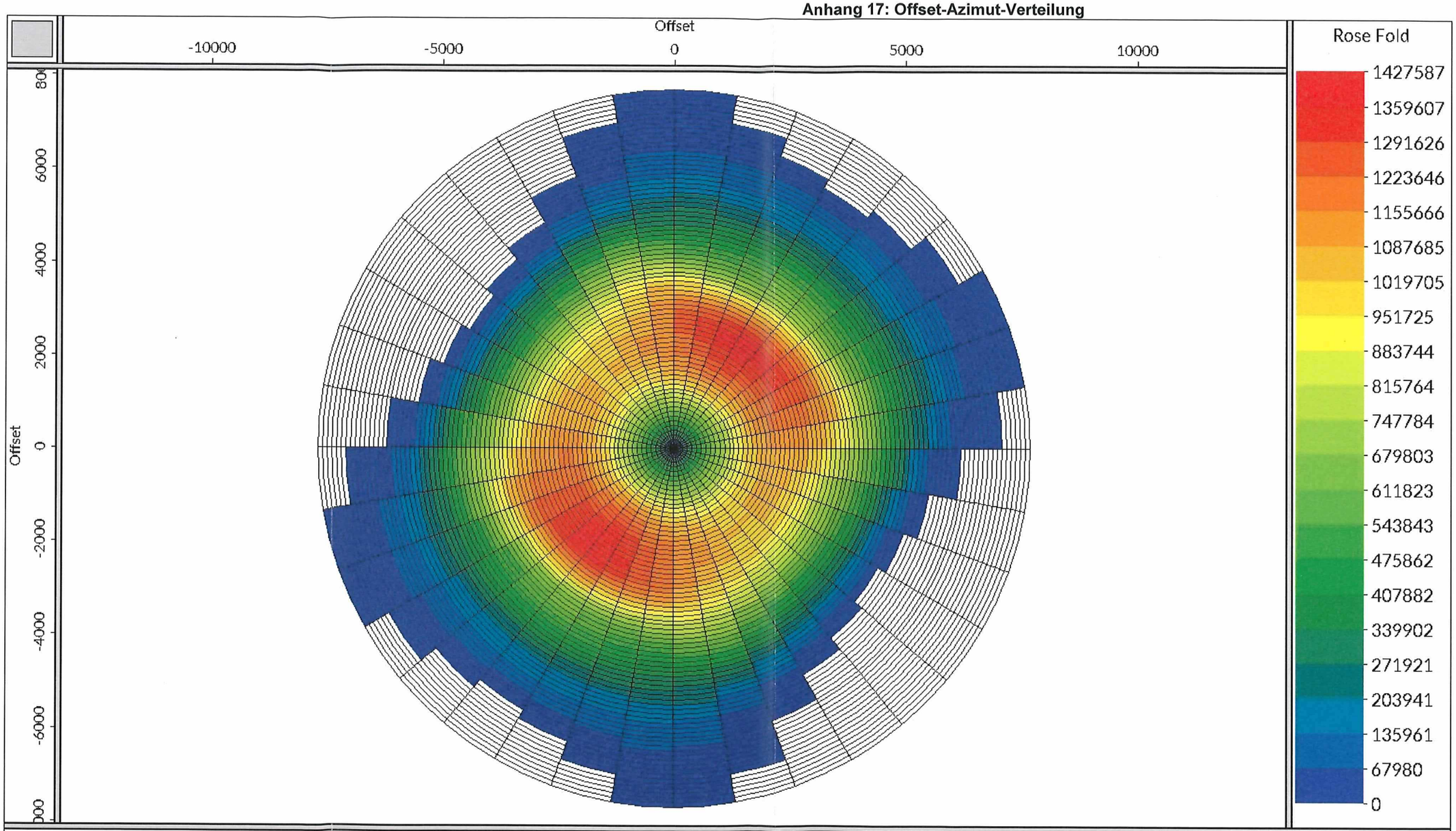
Anhang 15: Verteilung anregungspunktferner Offsets



Anhang 16: Verteilung anregungspunktferner Offsets



Anhang 17: Offset-Azimut-Verteilung



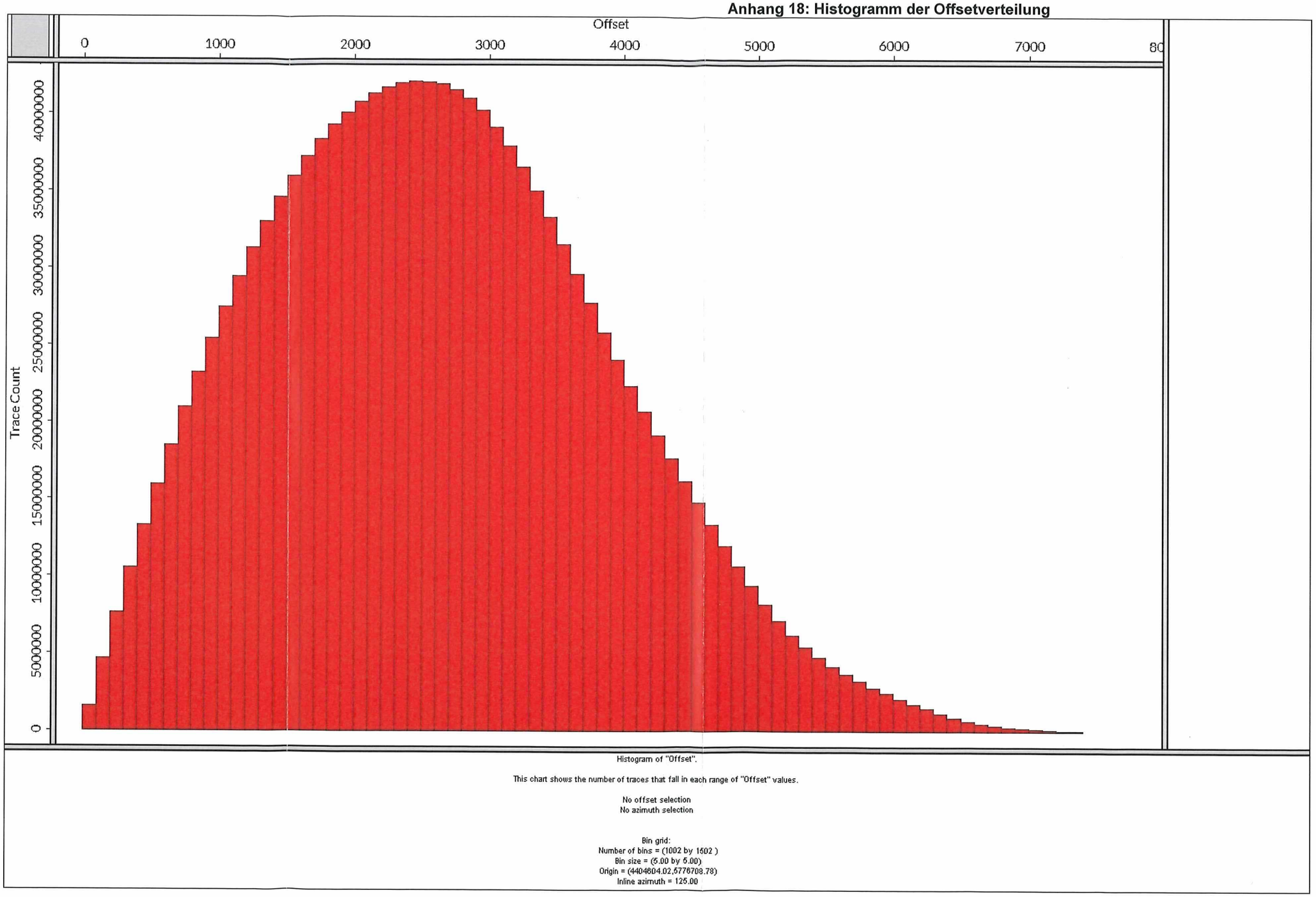
Rose Diagram of "Offset" vs. "Azimuth".

This polar chart is colored by the number of traces that fall in each sector, defined by "Offset" steps of (100.0 m), and "Azimuth" steps of (10.0 degrees).

No offset selection
No azimuth selection

Bin grid:
Number of bins = (1002 by 1502)
Bin size = (5.00 by 5.00)
Origin = (4404604.02,5776708.78)
Inline azimuth = 125.00

Anhang 18: Histogramm der Offsetverteilung



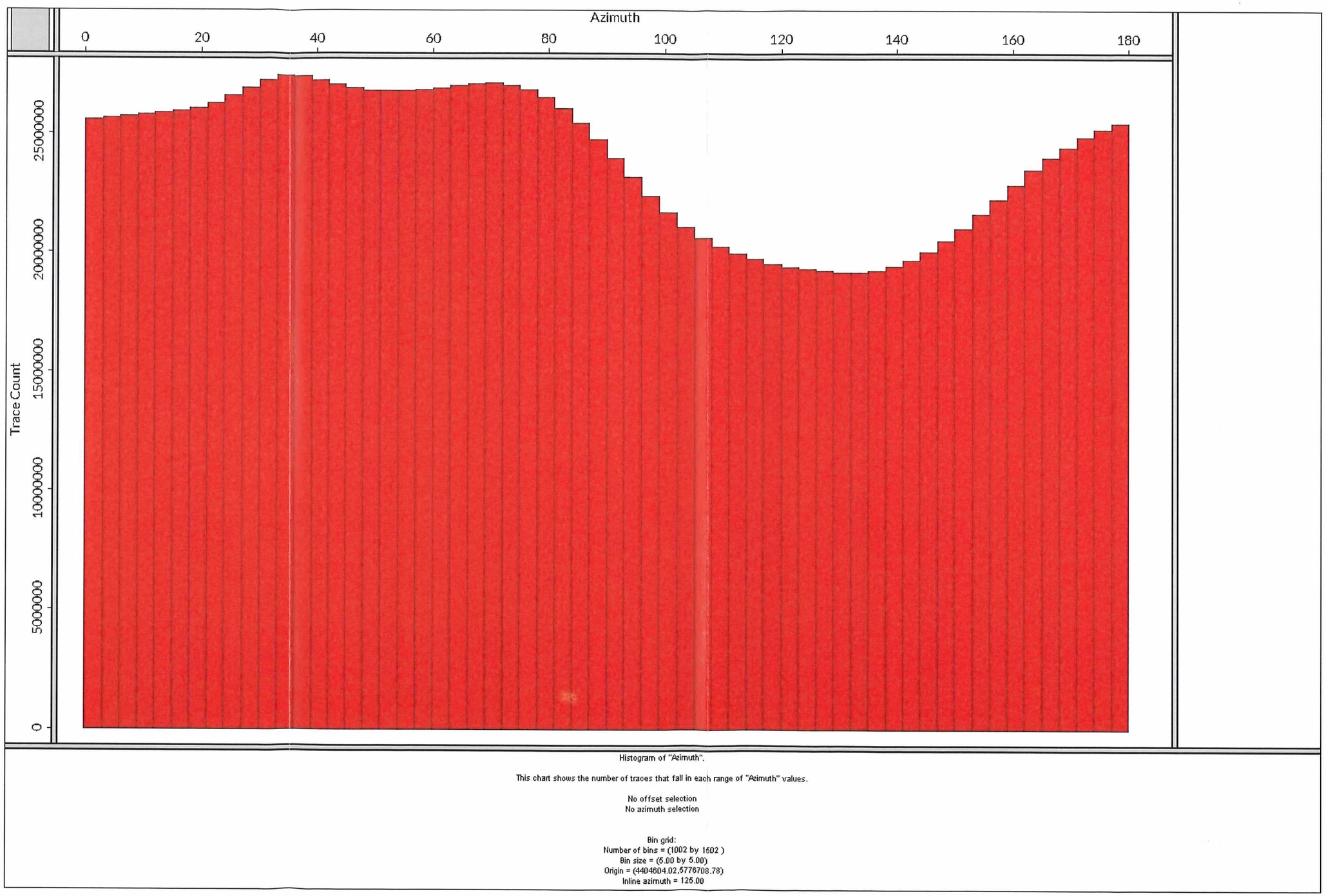
Histogram of "Offset".

This chart shows the number of traces that fall in each range of "Offset" values.

No offset selection
No azimuth selection

Bin grid:
Number of bins = (1002 by 1602)
Bin size = (5.00 by 5.00)
Origin = (4404604.02,5776708.78)
Inline azimuth = 125.00

Anhang 19: Histogramm der Azimutverteilung



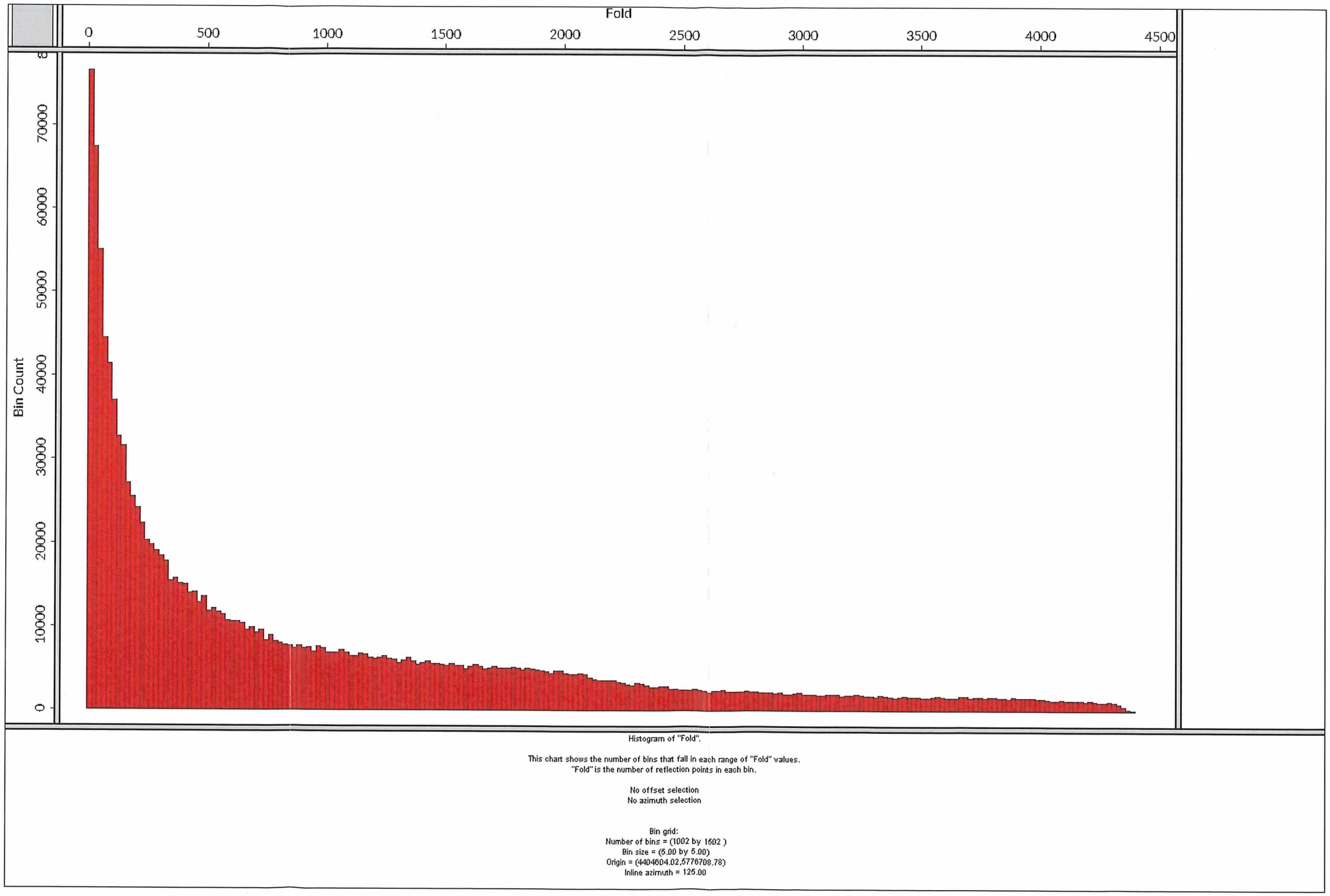
Histogram of "Azimuth".

This chart shows the number of traces that fall in each range of "Azimuth" values.

No offset selection
No azimuth selection

Bin grid:
Number of bins = (1002 by 1502)
Bin size = (5.00 by 5.00)
Origin = (4404604.02,5776708.78)
Inline azimuth = 125.00

Anhang 20: Histogramm des Überdeckungsgrads



Histogram of "Fold".

This chart shows the number of bins that fall in each range of "Fold" values.
"Fold" is the number of reflection points in each bin.

No offset selection
No azimuth selection

Bin grid:
Number of bins = (1002 by 1602)
Bin size = (5.00 by 5.00)
Origin = (4404604.02,5776708.78)
Inline azimuth = 125.00

17 Literaturverzeichnis

[1] BFR KMR. (2018). Baufachliche Richtlinien Kampfmittelräumung. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat.

[2] BG Bau. (2020). DGUV Information 201-027, Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und Festlegung von Schutzmaßnahmen bei der Kampfmittelräumung. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft.

[3] DIN 4150-03. (1999). DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.

[4] Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH (15. 08 2018). Kampfmittelvorerkundung im Gebiet der Schachtanlage Asse II für die 3D-seismischen Messungen. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.

[5] Schmal+Ratzbor. (2018). FFH-Verträglichkeitsstudie zu den 3D-seismischen Messungen. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.

[6] Schmal+Ratzbor. (2018). Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP) und artenschutzrechtliche Betrachtung zu den 3D-seismischen Messungen. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.

[7] Society of Exploration Geophysicists. (2006). Shell Processing Support Format for 3D Surveys as Adopted by the SEG in 1993, Rev. 2.1. SEG Technical Standards Committee.

[8] Verif-i Ltd. (2020). Technical Audit Report on Behalf of Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), Projekct: 3D-Seismik Asse, Contractor: Geofizyka Torun. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.

Anhang 21: Zusammenfassung der Anregungspunkte

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From SP	To SP	Number SP	Number of km	From SP	To SP	Number SP	Number of km	~% SP	From SP	To SP	Skipped SP		Recorded SP		
													Number of SP	~% SP	Number SP	Number of km	~% SP
1	5101	1171	1780	610	6.09	1171	1780	492	4.91	80.66%	1171	1780	118	19.34%	492	4.91	80.66%
2	5111	1221	1730	510	5.09	1221	1730	341	3.4	66.86%	1221	1730	169	33.14%	341	3.4	66.86%
3	5121	1151	1800	650	6.49	1151	1800	477	4.76	73.38%	1151	1800	173	26.62%	477	4.76	73.38%
4	5131	1221	1730	510	5.09	1221	1730	323	3.22	63.33%	1221	1730	187	36.67%	323	3.22	63.33%
5	5141	1131	1820	690	6.89	1131	1820	510	5.09	73.91%	1131	1820	180	26.09%	510	5.09	73.91%
6	5151	1221	1730	510	5.09	1221	1730	358	3.57	70.20%	1221	1730	152	29.80%	358	3.57	70.20%
7	5161	1111	1840	730	7.29	1111	1835	598	5.97	81.92%	1111	1835	132	18.08%	598	5.97	81.92%
8	5171	1221	1730	510	5.09	1221	1730	421	4.2	82.55%	1221	1730	89	17.45%	421	4.2	82.55%
9	5181	1101	1850	750	7.49	1101	1850	690	6.89	92.00%	1101	1850	60	8.00%	690	6.89	92.00%
10	5191	1221	1730	510	5.09	1221	1730	463	4.62	90.78%	1221	1730	47	9.22%	463	4.62	90.78%
11	5201	1101	1850	750	7.49	1101	1846	686	6.85	91.47%	1101	1846	64	8.53%	686	6.85	91.47%
12	5206	1341	1590	250	2.49	1341	1584	146	1.45	58.40%	1341	1584	104	41.60%	146	1.45	58.40%
13	5211	1221	1730	510	5.09	1221	1730	403	4.02	79.02%	1221	1730	107	20.98%	403	4.02	79.02%
14	5216	1341	1590	250	2.49	1352	1590	161	1.6	64.40%	1352	1590	89	35.60%	161	1.6	64.40%
15	5221	1101	1850	750	7.49	1101	1850	609	6.08	81.20%	1101	1850	141	18.80%	609	6.08	81.20%
16	5226	1341	1590	250	2.49	1351	1590	178	1.77	71.20%	1351	1590	72	28.80%	178	1.77	71.20%
17	5231	1221	1730	510	5.09	1221	1730	471	4.7	92.35%	1221	1730	39	7.65%	471	4.7	92.35%
18	5236	1341	1590	250	2.49	1350	1590	214	2.13	85.60%	1350	1590	36	14.40%	214	2.13	85.60%

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From SP	To SP	Number SP	Number of km	From SP	To SP	Number SP	Number of km	~% SP	From SP	To SP	Skipped SP		Recorded SP		
													Number of SP	~% SP	Number SP	Number of km	~% SP
19	5241	1101	1850	750	7.49	1101	1850	702	7.01	93.60%	1101	1850	48	6.40%	702	7.01	93.60%
20	5246	1341	1590	250	2.49	1351	1590	194	1.93	77.60%	1351	1590	56	22.40%	194	1.93	77.60%
21	5251	1221	1730	510	5.09	1221	1730	457	4.56	89.61%	1221	1730	53	10.39%	457	4.56	89.61%
22	5256	1341	1590	250	2.49	1352	1590	226	2.25	90.40%	1352	1590	24	9.60%	226	2.25	90.40%
23	5261	1101	1850	750	7.49	1101	1850	711	7.1	94.80%	1101	1850	39	5.20%	711	7.1	94.80%
24	5266	1341	1590	250	2.49	1350	1590	225	2.24	90.00%	1350	1590	25	10.00%	225	2.24	90.00%
25	5271	1221	1730	510	5.09	1221	1730	432	4.31	84.71%	1221	1730	78	15.29%	432	4.31	84.71%
26	5276	1341	1590	250	2.49	1341	1590	233	2.32	93.20%	1341	1590	17	6.80%	233	2.32	93.20%
27	5281	1101	1850	750	7.49	1101	1850	668	6.67	89.07%	1101	1850	82	10.93%	668	6.67	89.07%
28	5286	1341	1590	250	2.49	1341	1590	218	2.17	87.20%	1341	1590	32	12.80%	218	2.17	87.20%
29	5291	1221	1730	510	5.09	1221	1724	476	4.75	93.33%	1221	1724	34	6.67%	476	4.75	93.33%
30	5296	1341	1590	250	2.49	1341	1590	234	2.33	93.60%	1341	1590	16	6.40%	234	2.33	93.60%
31	5301	1101	1850	750	7.49	1101	1850	735	7.34	98.00%	1101	1850	15	2.00%	735	7.34	98.00%
32	5306	1341	1590	250	2.49	1341	1590	223	2.22	89.20%	1341	1590	27	10.80%	223	2.22	89.20%
33	5311	1221	1730	510	5.09	1221	1730	492	4.91	96.47%	1221	1730	18	3.53%	492	4.91	96.47%
34	5316	1341	1590	250	2.49	1341	1590	240	2.39	96.00%	1341	1590	10	4.00%	240	2.39	96.00%
35	5321	1101	1850	750	7.49	1101	1850	674	6.73	89.87%	1101	1850	76	10.13%	674	6.73	89.87%
36	5326	1341	1590	250	2.49	1341	1590	239	2.38	95.60%	1341	1590	11	4.40%	239	2.38	95.60%
37	5331	1221	1730	510	5.09	1221	1730	443	4.42	86.86%	1221	1730	67	13.14%	443	4.42	86.86%

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Blatt: 126

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From SP	To SP	Number SP	Number of km	From SP	To SP	Number SP	Number of km	~% SP	From SP	To SP	Skipped SP		Recorded SP		
													Number of SP	~% SP	Number SP	Number of km	~% SP
38	5336	1341	1590	250	2.49	1341	1590	232	2.31	92.80%	1341	1590	18	7.20%	232	2.31	92.80%
39	5341	1101	1850	750	7.49	1101	1850	715	7.14	95.33%	1101	1850	35	4.67%	715	7.14	95.33%
40	5346	1341	1590	250	2.49	1341	1590	231	2.3	92.40%	1341	1590	19	7.60%	231	2.3	92.40%
41	5351	1221	1730	510	5.09	1221	1730	475	4.74	93.14%	1221	1730	35	6.86%	475	4.74	93.14%
42	5356	1341	1590	250	2.49	1341	1590	240	2.39	96.00%	1341	1590	10	4.00%	240	2.39	96.00%
43	5361	1101	1850	750	7.49	1101	1850	728	7.27	97.07%	1101	1850	22	2.93%	728	7.27	97.07%
44	5366	1341	1590	250	2.49	1341	1590	232	2.31	92.80%	1341	1590	18	7.20%	232	2.31	92.80%
45	5371	1221	1730	510	5.09	1221	1730	488	4.87	95.69%	1221	1730	22	4.31%	488	4.87	95.69%
46	5376	1341	1590	250	2.49	1341	1590	222	2.21	88.80%	1341	1590	28	11.20%	222	2.21	88.80%
47	5381	1101	1850	750	7.49	1101	1850	719	7.18	95.87%	1101	1850	31	4.13%	719	7.18	95.87%
48	5386	1341	1590	250	2.49	1341	1590	221	2.2	88.40%	1341	1590	29	11.60%	221	2.2	88.40%
49	5391	1221	1730	510	5.09	1221	1730	481	4.8	94.31%	1221	1730	29	5.69%	481	4.8	94.31%
50	5396	1341	1590	250	2.49	1341	1590	231	2.3	92.40%	1341	1590	19	7.60%	231	2.3	92.40%
51	5401	1101	1850	750	7.49	1101	1850	724	7.23	96.53%	1101	1850	26	3.47%	724	7.23	96.53%
52	5406	1341	1590	250	2.49	1341	1590	245	2.44	98.00%	1341	1590	5	2.00%	245	2.44	98.00%
53	5411	1221	1730	510	5.09	1221	1730	500	4.99	98.04%	1221	1730	10	1.96%	500	4.99	98.04%
54	5416	1341	1590	250	2.49	1341	1590	237	2.36	94.80%	1341	1590	13	5.20%	237	2.36	94.80%
55	5421	1101	1850	750	7.49	1101	1850	739	7.38	98.53%	1101	1850	11	1.47%	739	7.38	98.53%
56	5426	1341	1590	250	2.49	1341	1590	235	2.34	94.00%	1341	1590	15	6.00%	235	2.34	94.00%

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From SP	To SP	Number SP	Number of km	From SP	To SP	Number SP	Number of km	~% SP	From SP	To SP	Skipped SP		Recorded SP		
													Number of SP	~% SP	Number SP	Number of km	~% SP
57	5431	1221	1730	510	5.09	1221	1730	479	4.78	93.92%	1221	1730	31	*6.08%*	479	4.78	*93.92%*
58	5436	1341	1590	250	2.49	1341	1590	196	1.95	78.40%	1341	1590	54	*21.60%*	196	1.95	*78.40%*
59	5441	1101	1850	750	7.49	1101	1850	691	6.9	92.13%	1101	1850	59	*7.87%*	691	6.9	*92.13%*
60	5446	1341	1590	250	2.49	1341	1590	203	2.02	81.20%	1341	1590	47	*18.80%*	203	2.02	*81.20%*
61	5451	1221	1730	510	5.09	1221	1730	457	4.56	89.61%	1221	1730	53	*10.39%*	457	4.56	*89.61%*
62	5456	1341	1590	250	2.49	1341	1590	172	1.71	68.80%	1341	1590	78	*31.20%*	172	1.71	*68.80%*
63	5461	1101	1850	750	7.49	1101	1850	671	6.7	89.47%	1101	1850	79	*10.53%*	671	6.7	*89.47%*
64	5466	1341	1590	250	2.49	1341	1590	184	1.83	73.60%	1341	1590	66	*26.40%*	184	1.83	*73.60%*
65	5471	1221	1730	510	5.09	1221	1730	437	4.36	85.69%	1221	1730	73	*14.31%*	437	4.36	*85.69%*
66	5476	1341	1590	250	2.49	1346	1590	190	1.89	76.00%	1346	1590	60	*24.00%*	190	1.89	*76.00%*
67	5481	1101	1850	750	7.49	1101	1850	656	6.55	87.47%	1101	1850	94	*12.53%*	656	6.55	*87.47%*
68	5486	1341	1590	250	2.49	1348	1590	207	2.06	82.80%	1348	1590	43	*17.20%*	207	2.06	*82.80%*
69	5491	1221	1730	510	5.09	1221	1730	393	3.92	77.06%	1221	1730	117	*22.94%*	393	3.92	*77.06%*
70	5496	1341	1590	250	2.49	1349	1590	218	2.17	87.20%	1349	1590	32	*12.80%*	218	2.17	*87.20%*
71	5501	1101	1850	750	7.49	1101	1850	702	7.01	93.60%	1101	1850	48	*6.40%*	702	7.01	*93.60%*
72	5506	1341	1590	250	2.49	1361	1590	206	2.05	82.40%	1361	1590	44	*17.60%*	206	2.05	*82.40%*
73	5511	1221	1730	510	5.09	1221	1730	433	4.32	84.90%	1221	1730	77	*15.10%*	433	4.32	*84.90%*
74	5516	1341	1590	250	2.49	1341	1590	178	1.77	71.20%	1341	1590	72	*28.80%*	178	1.77	*71.20%*
75	5521	1101	1850	750	7.49	1101	1850	636	6.35	84.80%	1101	1850	114	*15.20%*	636	6.35	*84.80%*

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Blatt: 128

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From SP	To SP	Number SP	Number of km	From SP	To SP	Number SP	Number of km	~% SP	From SP	To SP	Skipped SP		Recorded SP		
													Number of SP	~% SP	Number SP	Number of km	~% SP
76	5526	1341	1590	250	2.49	1355	1590	164	1.63	65.60%	1355	1590	86	*34.40%*	164	1.63	*65.60%*
77	5531	1221	1730	510	5.09	1221	1730	421	4.2	82.55%	1221	1730	89	*17.45%*	421	4.2	*82.55%*
78	5536	1341	1590	250	2.49	1349	1590	206	2.05	82.40%	1349	1590	44	*17.60%*	206	2.05	*82.40%*
79	5541	1111	1840	730	7.29	1111	1840	682	6.81	93.42%	1111	1840	48	*6.58%*	682	6.81	*93.42%*
80	5546	1341	1590	250	2.49	1341	1590	239	2.38	95.60%	1341	1590	11	*4.40%*	239	2.38	*95.60%*
81	5551	1221	1730	510	5.09	1221	1730	488	4.87	95.69%	1221	1730	22	*4.31%*	488	4.87	*95.69%*
82	5556	1341	1590	250	2.49	1341	1590	243	2.42	97.20%	1341	1590	7	*2.80%*	243	2.42	*97.20%*
83	5561	1131	1820	690	6.89	1131	1820	675	6.74	97.83%	1131	1820	15	*2.17%*	675	6.74	*97.83%*
84	5566	1341	1590	250	2.49	1341	1590	223	2.22	89.20%	1341	1590	27	*10.80%*	223	2.22	*89.20%*
85	5571	1221	1730	510	5.09	1221	1730	503	5.02	98.63%	1221	1730	7	*1.37%*	503	5.02	*98.63%*
86	5581	1151	1800	650	6.49	1151	1800	640	6.39	98.46%	1151	1800	10	*1.54%*	640	6.39	*98.46%*
87	5591	1221	1730	510	5.09	1221	1730	493	4.92	96.67%	1221	1730	17	*3.33%*	493	4.92	*96.67%*
88	5601	1171	1780	610	6.09	1171	1780	593	5.92	97.21%	1171	1780	17	*2.79%*	593	5.92	*97.21%*
Total				**40860**	**407.724**			**36137**	**360.49**	***88.44%***			**4723**	***11.56%***	**36137**	**360.49**	***88.44%***

Legend:

SP – source point

***~% SP* – the percentage share of the SP number in relation to the designed SP number for each line and for the entire project**

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Blatt: 129

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 22: Zusammenfassung der Empfangspunkte

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From RP	To RP	Number RP	Number of km	From RP	To RP	Number RP	Number of km	~% RP	From RP	To RP	Skipped RP		Recorded RP		
													Number of RP	~% RP	Number RP	Number of km	~% RP
1	1101	5171	5530	360	3.59	5171	5530	331	3.3	91.94%	5171	5530	29	8.06%	331	3.3	91.94%
2	1111	5161	5540	380	3.79	5161	5540	375	3.74	98.68%	5161	5540	5	1.32%	375	3.74	98.68%
3	1121	5151	5550	400	3.99	5151	5550	384	3.83	96.00%	5151	5550	16	4.00%	384	3.83	96.00%
4	1131	5141	5560	420	4.19	5141	5560	411	4.1	97.86%	5141	5560	9	2.14%	411	4.1	97.86%
5	1141	5131	5570	440	4.39	5131	5570	424	4.23	96.36%	5131	5570	16	3.64%	424	4.23	96.36%
6	1151	5121	5580	460	4.59	5121	5580	444	4.43	96.52%	5121	5580	16	3.48%	444	4.43	96.52%
7	1161	5111	5590	480	4.79	5111	5590	463	4.62	96.46%	5111	5590	17	3.54%	463	4.62	96.46%
8	1171	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
9	1181	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
10	1191	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
11	1201	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
12	1211	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
13	1221	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
14	1231	5101	5600	500	4.99	5101	5600	494	4.93	98.80%	5101	5600	6	1.20%	494	4.93	98.80%
15	1241	5101	5600	500	4.99	5101	5600	494	4.93	98.80%	5101	5600	6	1.20%	494	4.93	98.80%
16	1251	5101	5600	500	4.99	5101	5600	473	4.72	94.60%	5101	5600	29	5.80%	471	4.7	94.20%
17	1261	5101	5600	500	4.99	5101	5600	473	4.72	94.60%	5101	5600	38	7.60%	462	4.61	92.40%
18	1271	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	1	0.20%	499	4.98	99.80%

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From RP	To RP	Number RP	Number of km	From RP	To RP	Number RP	Number of km	~% RP	From RP	To RP	Skipped RP		Recorded RP		
													Number of RP	~% RP	Number RP	Number of km	~% RP
19	1281	5101	5600	500	4.99	5101	5600	473	4.72	94.60%	5101	5600	31	6.20%	469	4.68	93.80%
20	1291	5101	5600	500	4.99	5101	5600	473	4.72	94.60%	5101	5600	28	5.60%	472	4.71	94.40%
21	1301	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
22	1311	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	3	0.60%	497	4.96	99.40%
23	1321	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	3	0.60%	497	4.96	99.40%
24	1331	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	4	0.80%	496	4.95	99.20%
25	1341	5101	5600	500	4.99	5101	5600	494	4.93	98.80%	5101	5600	13	2.60%	487	4.86	97.40%
26	1346	5201	5570	370	3.69	5201	5570	368	3.67	99.46%	5201	5570	8	2.16%	362	3.61	97.84%
27	1351	5101	5600	500	4.99	5101	5600	498	4.97	99.60%	5101	5600	17	3.40%	483	4.82	96.60%
28	1356	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	6	1.62%	364	3.63	98.38%
29	1361	5101	5600	500	4.99	5101	5600	496	4.95	99.20%	5101	5600	16	3.20%	484	4.83	96.80%
30	1366	5201	5570	370	3.69	5201	5570	364	3.63	98.38%	5201	5570	9	2.43%	361	3.6	97.57%
31	1371	5101	5600	500	4.99	5101	5600	455	4.54	91.00%	5101	5600	48	9.60%	452	4.51	90.40%
32	1376	5201	5570	370	3.69	5201	5570	336	3.35	90.81%	5201	5570	37	10.00%	333	3.32	90.00%
33	1381	5101	5600	500	4.99	5101	5600	473	4.72	94.60%	5101	5600	29	5.80%	471	4.7	94.20%
34	1386	5201	5570	370	3.69	5201	5570	346	3.45	93.51%	5201	5570	24	6.49%	346	3.45	93.51%
35	1391	5101	5600	500	4.99	5101	5600	492	4.91	98.40%	5101	5600	12	2.40%	488	4.87	97.60%
36	1396	5201	5570	370	3.69	5201	5570	355	3.54	95.95%	5201	5570	18	4.86%	352	3.51	95.14%
37	1401	5101	5600	500	4.99	5101	5600	479	4.78	95.80%	5101	5600	26	5.20%	474	4.73	94.80%

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Blatt: 131

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From RP	To RP	Number RP	Number of km	From RP	To RP	Number RP	Number of km	~% RP	From RP	To RP	Skipped RP		Recorded RP		
													Number of RP	~% RP	Number RP	Number of km	~% RP
38	1406	5201	5570	370	3.69	5201	5570	362	3.61	97.84%	5201	5570	10	2.70%	360	3.59	97.30%
39	1411	5101	5600	500	4.99	5101	5600	494	4.93	98.80%	5101	5600	6	1.20%	494	4.93	98.80%
40	1416	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	18	4.86%	352	3.51	95.14%
41	1421	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	7	1.40%	493	4.92	98.60%
42	1426	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	2	0.54%	368	3.67	99.46%
43	1431	5101	5600	500	4.99	5101	5600	497	4.96	99.40%	5101	5600	13	2.60%	487	4.86	97.40%
44	1436	5201	5570	370	3.69	5201	5570	365	3.64	98.65%	5201	5570	11	2.97%	359	3.58	97.03%
45	1441	5101	5600	500	4.99	5101	5600	497	4.96	99.40%	5101	5600	3	0.60%	497	4.96	99.40%
46	1446	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	0	0.00%	370	3.69	100.00%
47	1451	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
48	1456	5201	5570	370	3.69	5201	5560	348	3.47	94.05%	5201	5560	22	5.95%	348	3.47	94.05%
49	1461	5101	5600	500	4.99	5101	5600	480	4.79	96.00%	5101	5600	20	4.00%	480	4.79	96.00%
50	1466	5201	5570	370	3.69	5201	5563	350	3.49	94.59%	5201	5563	20	5.41%	350	3.49	94.59%
51	1471	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
52	1476	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	5	1.35%	365	3.64	98.65%
53	1481	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	2	0.40%	498	4.97	99.60%
54	1486	5201	5570	370	3.69	5201	5570	353	3.52	95.41%	5201	5570	19	5.14%	351	3.5	94.86%
55	1491	5101	5600	500	4.99	5101	5600	496	4.95	99.20%	5101	5600	4	0.80%	496	4.95	99.20%
56	1496	5201	5570	370	3.69	5201	5570	368	3.67	99.46%	5201	5570	8	2.16%	362	3.61	97.84%

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Blatt: 132

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From RP	To RP	Number RP	Number of km	From RP	To RP	Number RP	Number of km	~% RP	From RP	To RP	Skipped RP		Recorded RP		
													Number of RP	~% RP	Number RP	Number of km	~% RP
57	1501	5101	5600	500	4.99	5101	5600	495	4.94	99.00%	5101	5600	9	1.80%	491	4.9	98.20%
58	1506	5201	5570	370	3.69	5201	5570	364	3.63	98.38%	5201	5570	6	1.62%	364	3.63	98.38%
59	1511	5101	5600	500	4.99	5101	5600	495	4.94	99.00%	5101	5600	6	1.20%	494	4.93	98.80%
60	1516	5201	5570	370	3.69	5201	5570	367	3.66	99.19%	5201	5570	3	0.81%	367	3.66	99.19%
61	1521	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%
62	1526	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	5	1.35%	365	3.64	98.65%
63	1531	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	7	1.40%	493	4.92	98.60%
64	1536	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	0	0.00%	370	3.69	100.00%
65	1541	5101	5600	500	4.99	5163	5600	438	4.37	87.60%	5163	5600	62	12.40%	438	4.37	87.60%
66	1546	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	0	0.00%	370	3.69	100.00%
67	1551	5101	5600	500	4.99	5162	5600	439	4.38	87.80%	5162	5600	68	13.60%	432	4.31	86.40%
68	1556	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	0	0.00%	370	3.69	100.00%
69	1561	5101	5600	500	4.99	5161	5600	440	4.39	88.00%	5161	5600	60	12.00%	440	4.39	88.00%
70	1566	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	1	0.27%	369	3.68	99.73%
71	1571	5101	5600	500	4.99	5101	5600	434	4.33	86.80%	5101	5600	66	13.20%	434	4.33	86.80%
72	1576	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	0	0.00%	370	3.69	100.00%
73	1581	5101	5600	500	4.99	5101	5600	452	4.51	90.40%	5101	5600	48	9.60%	452	4.51	90.40%
74	1586	5201	5570	370	3.69	5201	5570	370	3.69	100.00%	5201	5570	0	0.00%	370	3.69	100.00%
75	1591	5101	5600	500	4.99	5101	5600	444	4.43	88.80%	5101	5600	56	11.20%	444	4.43	88.80%

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Blatt: 133

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

No.	Line	Designed				Staked out					Recording							
		From RP	To RP	Number RP	Number of km	From RP	To RP	Number RP	Number of km	~% RP	From RP	To RP	Skipped RP		Recorded RP			
													Number of RP	~% RP	Number RP	Number of km	~% RP	
76	1601	5101	5600	500	4.99	5101	5600	456	4.55	91.20%	5101	5600	44	8.80%	456	4.55	91.20%	
77	1611	5101	5600	500	4.99	5101	5600	487	4.86	97.40%	5101	5600	30	6.00%	470	4.69	94.00%	
78	1621	5101	5600	500	4.99	5101	5600	434	4.33	86.80%	5101	5600	67	13.40%	433	4.32	86.60%	
79	1631	5101	5600	500	4.99	5101	5600	458	4.57	91.60%	5101	5600	43	8.60%	457	4.56	91.40%	
80	1641	5101	5600	500	4.99	5101	5600	434	4.33	86.80%	5101	5600	73	14.60%	427	4.26	85.40%	
81	1651	5101	5600	500	4.99	5101	5600	410	4.09	82.00%	5101	5600	91	18.20%	409	4.08	81.80%	
82	1661	5101	5600	500	4.99	5167	5600	410	4.09	82.00%	5167	5600	90	18.00%	410	4.09	82.00%	
83	1671	5101	5600	500	4.99	5101	5600	435	4.34	87.00%	5101	5600	66	13.20%	434	4.33	86.80%	
84	1681	5101	5600	500	4.99	5101	5600	477	4.76	95.40%	5101	5600	24	4.80%	476	4.75	95.20%	
85	1691	5101	5600	500	4.99	5101	5600	476	4.75	95.20%	5101	5600	24	4.80%	476	4.75	95.20%	
86	1701	5101	5600	500	4.99	5101	5600	484	4.83	96.80%	5101	5600	19	3.80%	481	4.8	96.20%	
87	1711	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	1	0.20%	499	4.98	99.80%	
88	1721	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	23	4.60%	477	4.76	95.40%	
89	1731	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	7	1.40%	493	4.92	98.60%	
90	1741	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%	
91	1751	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	0	0.00%	500	4.99	100.00%	
92	1761	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	2	0.40%	498	4.97	99.60%	
93	1771	5101	5600	500	4.99	5101	5600	500	4.99	100.00%	5101	5600	5	1.00%	495	4.94	99.00%	
94	1781	5101	5600	500	4.99	5101	5600	490	4.89	98.00%	5101	5600	21	4.20%	479	4.78	95.80%	

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Blatt: 134

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

No.	Line	Designed				Staked out					Recording						
		From RP	To RP	Number RP	Number of km	From RP	To RP	Number RP	Number of km	~% RP	From RP	To RP	Skipped RP		Recorded RP		
													Number of RP	~% RP	Number RP	Number of km	~% RP
95	1791	5111	5590	480	4.79	5111	5590	480	4.79	100.00%	5111	5590	26	5.42%	454	4.53	94.58%
96	1801	5121	5580	460	4.59	5121	5580	460	4.59	100.00%	5121	5580	1	0.22%	459	4.58	99.78%
97	1811	5131	5570	440	4.39	5131	5570	440	4.39	100.00%	5131	5570	1	0.23%	439	4.38	99.77%
98	1821	5141	5560	420	4.19	5141	5560	420	4.19	100.00%	5141	5560	1	0.24%	419	4.18	99.76%
99	1831	5151	5550	400	3.99	5151	5550	400	3.99	100.00%	5151	5550	1	0.25%	399	3.98	99.75%
100	1841	5161	5540	380	3.79	5161	5540	380	3.79	100.00%	5161	5540	2	0.53%	378	3.77	99.47%
101	1851	5171	5530	360	3.59	5171	5530	360	3.59	100.00%	5171	5530	1	0.28%	359	3.58	99.72%
Total				46130	460.29			**44677**	**445.76**	96.85%			**1750**	***3.79%***	**44380**	**442.79**	***96.21%***

Legend:

RP – receiver point

~% RP – the percentage share of the RP number in relation to the designed RP number for each line and for the entire project

Abschlussbericht zur Durchführung der 3D-Seismik Asse

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev.
NAAN	NNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
9A	56100000	SMÜ			HF	BW	0006	00

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Anhang 23: Weggefallene Anregungspunkte

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5101	1217	1249	33	SKIP - cobblestone road
5101	1440	1442	3	SKIP - no access
5101	1536	1573	38	SKIP - no permit
5101	1595	1596	2	SKIP - owner
5101	1654	1671	18	SKIP - no permit
5101	1676	1698	23	SKIP - wet field
5101	1758	1758	1	SKIP - wet field
5111	1224	1249	26	SKIP - PPV
5111	1420	1420	1	SKIP - drilling
5111	1430	1439	10	SKIP - Asseburg
5111	1537	1576	40	SKIP - no permit
5111	1597	1612	16	SKIP - owner
5111	1641	1674	34	SKIP - no permit
5111	1677	1718	42	SKIP - wet field
5121	1221	1222	2	SKIP - cobblestone road
5121	1227	1230	4	SKIP - PPV
5121	1238	1239	2	SKIP - PPV
5121	1418	1418	1	SKIP - Drilling skip
5121	1429	1439	11	SKIP - Asseburg
5121	1447	1447	1	SKIP - QC
5121	1507	1507	1	SKIP - hole closed
5121	1529	1529	1	SKIP - no access
5121	1531	1531	1	SKIP - no permit
5121	1537	1579	43	SKIP - no permit
5121	1599	1599	1	SKIP - owner
5121	1613	1676	64	SKIP - no permit
5121	1680	1721	42	SKIP - wet field
5131	1415	1415	1	SKIP - lose air, cracking
5131	1417	1417	1	SKIP - lose air, cracking
5131	1429	1439	11	SKIP - Asseburg
5131	1452	1452	1	SKIP - QC
5131	1537	1601	65	SKIP - no permit
5131	1604	1679	76	SKIP - no permit
5131	1692	1724	33	SKIP - wet field
5141	1427	1428	2	SKIP - lose air, cracking, cavern
5141	1430	1430	1	SKIP - buildings
5141	1432	1432	1	SKIP - buildings
5141	1464	1464	1	SKIP-hole closed before loading
5141	1537	1602	66	SKIP - no permit

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5141	1606	1683	78	SKIP - no permit
5141	1695	1725	31	SKIP - wet field
5151	1414	1414	1	SKIP - buildings
5151	1428	1428	1	SKIP - buildings
5151	1538	1685	148	SKIP - no permit
5151	1701	1702	2	SKIP - PPV
5161	1206	1212	7	SKIP - no permit
5161	1396	1404	9	SKIP - PPV
5161	1415	1443	29	SKIP - Bismarck Turm
5161	1566	1569	4	SKIP - no permit
5161	1594	1669	76	SKIP - no permit
5161	1688	1689	2	SKIP - buildings
5161	1836	1840	5	SKIP - farmer
5171	1387	1411	25	SKIP - PPV
5171	1419	1420	2	SKIP - Bismarck Turm
5171	1437	1437	1	SKIP - drilling only 1.5m
5171	1449	1451	3	SKIP - restricted area
5171	1482	1484	3	SKIP - bad access
5171	1591	1636	46	SKIP - no permit
5171	1699	1707	9	SKIP - wet field
5181	1373	1383	11	SKIP - PPV
5181	1389	1396	8	SKIP - cobblestone road, infastructure
5181	1407	1407	1	SKIP - PPV
5181	1439	1439	1	SKIP - drilling
5181	1451	1451	1	SKIP - restricted area
5181	1582	1606	25	SKIP - no permit
5181	1697	1709	13	SKIP - wet field
5191	1365	1368	4	SKIP - PPV
5191	1373	1382	10	SKIP - cobblestone road, infastructure
5191	1386	1387	2	SKIP - PPV
5191	1401	1401	1	SKIP - PPV
5191	1403	1403	1	SKIP - PPV
5191	1407	1407	1	SKIP - PPV
5191	1409	1409	1	SKIP - PPV
5191	1412	1413	2	SKIP - PPV
5191	1417	1427	11	SKIP - no permit
5191	1452	1452	1	SKIP - restricted area
5191	1699	1711	13	SKIP - wet field
5201	1363	1365	3	SKIP - cobblestone road, infastructure

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5201	1370	1373	4	SKIP - cobblestone road, infastructure
5201	1382	1382	1	SKIP - PPV
5201	1389	1389	1	SKIP - PPV
5201	1391	1391	1	SKIP - village
5201	1393	1394	2	SKIP - PPV
5201	1396	1396	1	SKIP - PPV
5201	1399	1399	1	SKIP - PPV
5201	1401	1401	1	SKIP - PPV
5201	1412	1416	5	SKIP - village
5201	1429	1429	1	SKIP - buildings
5201	1446	1446	1	SKIP - QC
5201	1447	1463	17	SKIP - buildings
5201	1555	1555	1	SKIP - not recorded
5201	1567	1573	7	SKIP - no permit
5201	1575	1575	1	SKIP - owner
5201	1701	1713	13	SKIP - wet field
5201	1847	1850	4	SKIP - farmer
5206	1348	1352	5	SKIP - village
5206	1354	1357	4	SKIP - cobblestone road, infastructure
5206	1359	1367	9	SKIP - PPV
5206	1369	1369	1	SKIP - PPV
5206	1374	1388	15	SKIP - cobblestone road, infastructure
5206	1395	1420	26	SKIP - PPV
5206	1428	1436	9	SKIP - buildings
5206	1447	1463	17	SKIP - building
5206	1465	1469	5	SKIP - buildings
5206	1567	1573	7	SKIP - no permit
5206	1585	1590	6	SKIP - owner
5211	1343	1350	8	SKIP - cobblestone road, infastructure
5211	1354	1355	2	SKIP - village
5211	1357	1359	3	SKIP - PPV
5211	1361	1364	4	SKIP - PPV
5211	1368	1377	10	SKIP - village
5211	1379	1381	3	SKIP - PPV
5211	1383	1396	14	SKIP - cobblestone road, infastructure
5211	1401	1401	1	SKIP - PPV
5211	1403	1422	20	SKIP - cobblestone road, infastructure

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5211	1426	1427	2	SKIP - cobblestone road, infastructure
5211	1452	1461	10	SKIP - buildings
5211	1465	1469	5	SKIP - buildings
5211	1567	1573	7	SKIP - no permit
5211	1697	1714	18	SKIP - wet field
5216	1341	1351	11	SKIP - cobblestone road, infastructure
5216	1353	1355	3	SKIP - PPV
5216	1357	1357	1	SKIP - PPV
5216	1359	1364	6	SKIP - PPV
5216	1367	1371	5	SKIP - PPV
5216	1373	1373	1	SKIP - PPV
5216	1378	1385	8	SKIP - village
5216	1389	1392	4	SKIP - PPV
5216	1394	1394	1	SKIP - PPV
5216	1407	1420	14	SKIP - village
5216	1432	1444	13	SKIP - village
5216	1455	1465	11	SKIP - buildings
5216	1467	1472	6	SKIP - buildings
5216	1568	1572	5	SKIP - no permit
5221	1336	1350	15	SKIP - PPV
5221	1356	1358	3	SKIP - village
5221	1364	1369	6	SKIP - village
5221	1372	1376	5	SKIP - village
5221	1379	1380	2	SKIP - PPV
5221	1382	1391	10	SKIP - PPV
5221	1393	1414	22	SKIP - village
5221	1421	1448	28	SKIP - cobblestone road, infastructure
5221	1451	1473	23	SKIP - buildings
5221	1568	1574	7	SKIP - no permit
5221	1696	1715	20	SKIP - wet field
5226	1341	1350	10	SKIP - cobblestone road, infastructure
5226	1369	1372	4	SKIP - village
5226	1374	1374	1	SKIP - PPV
5226	1377	1384	8	SKIP - cobblestone road, infastructure
5226	1386	1386	1	SKIP - PPV
5226	1388	1392	5	SKIP - cobblestone road, infastructure
5226	1397	1397	1	SKIP - cobblestone road, infastructure

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5226	1399	1408	10	SKIP - cobblestone road, infastructure
5226	1425	1427	3	SKIP - ravine
5226	1442	1461	20	SKIP - no drilling
5226	1465	1473	9	SKIP - buildings
5231	1332	1333	2	SKIP - PPV
5231	1349	1349	1	SKIP - PPV
5231	1351	1351	1	SKIP - village
5231	1372	1374	3	SKIP - village
5231	1377	1377	1	SKIP - PPV
5231	1381	1394	14	SKIP - cobblestone road, infastructure
5231	1425	1425	1	SKIP - ravine
5231	1451	1456	6	SKIP - railway
5231	1525	1525	1	SKIP - bad access
5231	1708	1716	9	SKIP - wet field
5236	1341	1349	9	SKIP - village
5236	1351	1351	1	SKIP - village
5236	1377	1380	4	SKIP - village
5236	1385	1394	10	SKIP - historic building
5236	1400	1402	3	SKIP - no drilling
5236	1429	1429	1	SKIP - ditch
5236	1452	1457	6	SKIP - railway
5236	1467	1467	1	SKIP - buildings
5236	1572	1572	1	SKIP - hole only 2.3m
5241	1338	1350	13	SKIP - village
5241	1380	1399	20	SKIP - no drilling
5241	1452	1459	8	SKIP - railway
5241	1711	1717	7	SKIP - wet field
5246	1341	1350	10	SKIP - village
5246	1352	1352	1	SKIP - village
5246	1378	1399	22	SKIP - no drilling
5246	1425	1431	7	SKIP - ravine
5246	1439	1439	1	SKIP - drilling rubble
5246	1448	1450	3	SKIP - building
5246	1453	1462	10	SKIP - railway
5246	1472	1472	1	SKIP - UXO forest
5246	1513	1513	1	SKIP - 4m casing
5251	1345	1350	6	SKIP - village
5251	1352	1352	1	SKIP - village
5251	1426	1430	5	SKIP - ravine

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5251	1451	1452	2	SKIP - building
5251	1456	1463	8	SKIP - railway
5251	1502	1502	1	SKIP - no permit
5251	1605	1610	6	SKIP - wet
5251	1618	1619	2	SKIP - wet
5251	1628	1644	17	SKIP - buildings
5251	1714	1718	5	SKIP - wet field
5256	1341	1351	11	SKIP - village
5256	1457	1468	12	SKIP - railway
5256	1518	1518	1	SKIP - QC
5256	1564	1564	1	SKIP - water in hole
5261	1352	1352	1	SKIP - village
5261	1426	1428	3	SKIP - ravine
5261	1461	1470	10	SKIP - railway
5261	1505	1505	1	SKIP - bad access
5261	1510	1512	3	SKIP - water spring
5261	1514	1515	2	SKIP - water well
5261	1615	1616	2	SKIP - PPV
5261	1619	1630	12	SKIP - PPV
5261	1632	1632	1	SKIP - PPV
5261	1717	1720	4	SKIP - wet field
5266	1341	1349	9	SKIP - village
5266	1418	1418	1	SKIP - drilling
5266	1427	1428	2	SKIP - ravine
5266	1460	1460	1	SKIP - railway
5266	1464	1470	7	SKIP - railway
5266	1512	1516	5	SKIP - water spring
5271	1267	1295	29	SKIP - no permit
5271	1346	1347	2	SKIP - village
5271	1350	1351	2	SKIP - village
5271	1427	1428	2	SKIP - ravine
5271	1440	1440	1	SKIP - drilling
5271	1451	1453	3	SKIP - forest
5271	1456	1456	1	SKIP - access
5271	1462	1463	2	SKIP - railway
5271	1465	1470	6	SKIP - railway
5271	1587	1590	4	SKIP - wet field
5271	1595	1602	8	SKIP - wet field
5271	1619	1623	5	SKIP - wet
5271	1708	1720	13	SKIP - wet field

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5276	1348	1351	4	SKIP - village
5276	1353	1353	1	SKIP - village
5276	1428	1428	1	SKIP - ravine
5276	1440	1440	1	SKIP - drilling
5276	1465	1473	9	SKIP - railway
5276	1531	1531	1	SKIP - no permit
5281	1244	1291	48	SKIP - no permit
5281	1346	1352	7	SKIP - village
5281	1378	1378	1	SKIP - no access
5281	1382	1382	1	SKIP - QC
5281	1406	1408	3	SKIP - water well
5281	1428	1429	2	SKIP - ravine
5281	1459	1460	2	SKIP - QC
5281	1465	1474	10	SKIP - railway
5281	1530	1531	2	SKIP - no permit
5281	1727	1735	9	SKIP - wet field
5286	1388	1395	8	SKIP - water well
5286	1402	1409	8	SKIP - water well
5286	1428	1430	3	SKIP - ravine
5286	1441	1441	1	SKIP - drilling
5286	1466	1475	10	SKIP - railway
5286	1530	1531	2	SKIP - no permit
5291	1249	1254	6	SKIP - no permit
5291	1275	1275	1	SKIP - no permit
5291	1377	1378	2	SKIP - drilling
5291	1429	1430	2	SKIP - ravine
5291	1441	1444	4	SKIP - drilling
5291	1468	1478	11	SKIP - railway
5291	1530	1531	2	SKIP - no permit
5291	1725	1730	6	SKIP - wet field
5296	1428	1430	3	SKIP - ravine
5296	1470	1479	10	SKIP - railway
5296	1514	1515	2	SKIP - restricted area
5296	1530	1530	1	SKIP - no permit
5301	1447	1447	1	SKIP – no access
5301	1471	1480	10	SKIP - railway
5301	1504	1504	1	SKIP - QC
5301	1513	1514	2	SKIP - restricted area
5301	1530	1531	2	SKIP - no permit
5306	1417	1430	14	SKIP - no permit

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5306	1472	1481	10	SKIP - railway
5306	1495	1495	1	SKIP - bad access
5306	1529	1530	2	SKIP - no permit
5311	1411	1412	2	SKIP - no drilling
5311	1456	1459	4	SKIP - drilling
5311	1473	1482	10	SKIP - railway
5311	1529	1530	2	SKIP - no permit
5316	1473	1482	10	SKIP - railway
5321	1432	1432	1	SKIP - drilling
5321	1471	1482	12	SKIP - railway
5321	1656	1701	46	SKIP - no permit
5321	1761	1764	4	SKIP - PPV
5321	1766	1767	2	SKIP - PPV
5321	1771	1776	6	SKIP - PPV
5321	1778	1778	1	SKIP - PPV
5321	1782	1782	1	SKIP - PPV
5321	1784	1786	3	SKIP - PPV
5326	1433	1433	1	SKIP - drilling
5326	1472	1481	10	SKIP - railway
5331	1449	1450	2	SKIP - drilling
5331	1471	1484	14	SKIP - railway
5331	1622	1672	51	SKIP - no permit
5336	1432	1432	1	SKIP-hole closed before loading
5336	1435	1436	2	SKIP - sinkhole
5336	1450	1450	1	SKIP-drilling
5336	1470	1479	10	SKIP - railway
5336	1488	1491	4	SKIP - radio mast
5341	1435	1440	6	SKIP - sinkhole
5341	1470	1474	5	SKIP - railway
5341	1487	1491	5	SKIP - radio mast
5341	1559	1559	1	SKIP - drilling rubble
5341	1731	1748	18	SKIP - wet field
5346	1436	1442	7	SKIP - sinkhole
5346	1469	1474	6	SKIP - railway
5346	1476	1477	2	SKIP - railway
5346	1487	1490	4	SKIP - radio mast
5351	1437	1440	4	SKIP - sinkhole
5351	1472	1473	2	SKIP - railway
5351	1475	1476	2	SKIP - railway
5351	1487	1489	3	SKIP - radio mast

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5351	1608	1631	24	SKIP - wet field
5356	1438	1443	6	SKIP - no drilling
5356	1472	1472	1	SKIP - buildings
5356	1474	1476	3	SKIP - buildings
5361	1438	1445	8	SKIP - no drilling
5361	1464	1465	2	SKIP - buildings
5361	1467	1471	5	SKIP - buildings
5361	1473	1478	6	SKIP - buildings
5361	1596	1596	1	SKIP - bad access
5366	1443	1448	6	SKIP - sinkhole
5366	1468	1471	4	SKIP - buildings
5366	1473	1479	7	SKIP - buildings
5366	1522	1522	1	SKIP - no permit
5371	1447	1449	3	SKIP - sinkhole
5371	1467	1467	1	SKIP - buildings
5371	1469	1480	12	SKIP - buildings
5371	1482	1482	1	SKIP - buildings
5371	1490	1491	2	SKIP - no permit
5371	1495	1497	3	SKIP - no permit
5376	1452	1453	2	SKIP - sinkhole
5376	1462	1467	6	SKIP - buildings
5376	1470	1481	12	SKIP - buildings
5376	1494	1498	5	SKIP - no permit
5376	1521	1523	3	SKIP - no permit
5381	1458	1461	4	SKIP - buildings
5381	1464	1483	20	SKIP - buildings
5381	1494	1498	5	SKIP - no permit
5381	1521	1522	2	SKIP - no permit
5386	1456	1464	9	SKIP - buildings
5386	1468	1483	16	SKIP - buildings
5386	1494	1497	4	SKIP - no permit
5391	1459	1463	5	SKIP - no permit
5391	1467	1484	18	SKIP - buildings
5391	1490	1490	1	SKIP - no permit
5391	1493	1497	5	SKIP - no permit
5396	1467	1467	1	SKIP - sewage
5396	1469	1469	1	SKIP - sewage
5396	1475	1484	10	SKIP - buildings
5396	1492	1497	6	SKIP - no permit
5396	1520	1520	1	SKIP - no permit

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5401	1463	1474	12	SKIP - buildings
5401	1478	1485	8	SKIP - sewage
5401	1489	1489	1	SKIP - no permit
5401	1491	1493	3	SKIP - no permit
5401	1518	1518	1	SKIP - no permit
5401	1520	1520	1	SKIP - no permit
5406	1385	1386	2	SKIP - no permit
5406	1462	1463	2	SKIP - no access
5406	1489	1489	1	SKIP - buildings
5411	1382	1389	8	SKIP - no permit
5411	1501	1502	2	SKIP - buildings
5416	1385	1392	8	SKIP - no permit
5416	1494	1498	5	SKIP - wet field
5421	1388	1396	9	SKIP - no permit
5421	1486	1486	1	SKIP - buildings
5421	1551	1551	1	SKIP - drilling
5426	1368	1370	3	SKIP - no permit
5426	1391	1399	9	SKIP - no permit
5426	1453	1454	2	SKIP - beehive
5426	1469	1469	1	SKIP - QC
5426	1556	1556	1	SKIP - artesian safety area
5431	1367	1374	8	SKIP - no permit
5431	1394	1402	9	SKIP - no permit
5431	1450	1450	1	SKIP - no access
5431	1489	1491	3	SKIP - no permit
5431	1495	1496	2	SKIP - no permit
5431	1530	1530	1	SKIP - broken trees
5431	1538	1539	2	SKIP - sinkhole
5431	1556	1560	5	SKIP - artesian safety area
5436	1366	1377	12	SKIP - no permit
5436	1398	1405	8	SKIP - no permit
5436	1432	1448	17	SKIP - beehive
5436	1471	1471	1	SKIP - QC
5436	1489	1494	6	SKIP - no permit
5436	1497	1499	3	SKIP - road
5436	1552	1559	8	SKIP - artesian safety area
5441	1364	1380	17	SKIP - no permit
5441	1400	1409	10	SKIP - no permit
5441	1431	1448	18	SKIP - beehive
5441	1488	1489	2	SKIP - no permit

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5441	1491	1491	1	SKIP - QC
5441	1494	1494	1	SKIP - QC
5441	1495	1496	2	SKIP - road
5441	1499	1500	2	SKIP - no permit
5441	1532	1532	1	SKIP - drilling
5441	1553	1559	7	SKIP - artesian safety area
5446	1363	1383	21	SKIP - no permit
5446	1401	1412	12	SKIP - no permit
5446	1437	1442	6	SKIP - beehive
5446	1488	1489	2	SKIP - no permit
5446	1490	1490	1	SKIP - QC
5446	1497	1498	2	SKIP - road
5446	1501	1503	3	SKIP - no permit
5446	1518	1518	1	SKIP - hole closed
5451	1362	1386	25	SKIP - no permit
5451	1398	1410	13	SKIP - no permit
5451	1456	1463	8	SKIP - no permit
5451	1488	1490	3	SKIP - no permit
5451	1500	1500	1	SKIP - drilling
5451	1504	1505	2	SKIP - road
5451	1508	1508	1	SKIP - artesian safety area
5456	1360	1360	1	SKIP - village
5456	1363	1390	28	SKIP - no permit
5456	1392	1404	13	SKIP - no permit
5456	1450	1465	16	SKIP - no permit
5456	1488	1490	3	SKIP - no permit
5456	1503	1503	1	SKIP - road
5456	1507	1507	1	SKIP - road
5456	1512	1526	15	SKIP - building
5461	1353	1362	10	SKIP - village Remlingen
5461	1365	1400	36	SKIP - no permit
5461	1452	1467	16	SKIP - no permit
5461	1488	1491	4	SKIP - no permit
5461	1500	1500	1	SKIP - drilling
5461	1509	1520	12	SKIP - building
5466	1347	1347	1	SKIP - PPV
5466	1352	1352	1	SKIP - PPV
5466	1354	1364	11	SKIP - village
5466	1367	1383	17	SKIP - no permit
5466	1454	1469	16	SKIP - no permit

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5466	1488	1491	4	SKIP - no permit
5466	1502	1508	7	SKIP - artesian safety area
5466	1514	1522	9	SKIP - artesian safety area
5471	1343	1353	11	SKIP - PPV
5471	1355	1366	12	SKIP - village Remlingen
5471	1369	1380	12	SKIP - no permit
5471	1457	1471	15	SKIP - no permit
5471	1487	1492	6	SKIP - no permit
5471	1506	1510	5	SKIP - artesian safety area
5471	1516	1525	10	SKIP - artesian safety area
5471	1653	1654	2	SKIP - buildings
5476	1341	1345	5	SKIP - village
5476	1355	1355	1	SKIP - PPV
5476	1357	1368	12	SKIP - village Remlingen
5476	1370	1381	12	SKIP - no permit
5476	1459	1473	15	SKIP - no permit
5476	1487	1492	6	SKIP - no permit
5476	1498	1499	2	SKIP - water well
5476	1501	1501	1	SKIP - QC
5476	1505	1511	7	SKIP - artesian safety area
5481	1167	1171	5	SKIP - buildings
5481	1342	1345	4	SKIP - village
5481	1348	1356	9	SKIP - village
5481	1358	1369	12	SKIP - PPV
5481	1462	1463	2	SKIP - no permit
5481	1480	1493	14	SKIP - no permit
5481	1499	1499	1	SKIP - QC
5481	1506	1511	6	SKIP - artesian safety area
5481	1629	1655	27	SKIP - buildings
5481	1657	1658	2	SKIP - PPV
5481	1660	1662	3	SKIP - PPV
5481	1664	1670	7	SKIP - PPV
5481	1672	1674	3	SKIP - PPV
5486	1341	1347	7	SKIP - village
5486	1349	1349	1	SKIP - village Remlingen
5486	1351	1351	1	SKIP - village Remlingen
5486	1354	1354	1	SKIP - village Remlingen
5486	1356	1356	1	SKIP - village Remlingen
5486	1359	1359	1	SKIP - PPV
5486	1363	1372	10	SKIP - PPV

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5486	1481	1493	13	SKIP - no permit
5486	1496	1496	1	SKIP - QC
5486	1519	1523	5	SKIP - artesian safety area
5486	1535	1537	3	SKIP - artesian safety area
5491	1294	1294	1	SKIP - PPV
5491	1303	1313	11	SKIP - village Remlingen
5491	1317	1317	1	SKIP - village
5491	1334	1334	1	SKIP - village
5491	1339	1340	2	SKIP - PPV
5491	1343	1343	1	SKIP - PPV
5491	1345	1348	4	SKIP - PPV
5491	1350	1360	11	SKIP - village
5491	1363	1373	11	SKIP - village
5491	1482	1486	5	SKIP - no permit
5491	1527	1539	13	SKIP - artesian safety area
5491	1611	1651	41	SKIP - buildings
5491	1653	1662	10	SKIP - PPV
5491	1667	1667	1	SKIP - PPV
5491	1671	1674	4	SKIP - buildings
5496	1341	1348	8	SKIP - village
5496	1350	1350	1	SKIP - PPV
5496	1356	1356	1	SKIP - PPV
5496	1359	1359	1	SKIP - PPV
5496	1371	1372	2	SKIP - village Remlingen
5496	1374	1375	2	SKIP - village Remlingen
5496	1377	1378	2	SKIP - village Remlingen
5496	1483	1485	3	SKIP - blackthorn
5496	1527	1538	12	SKIP - artesian safety area
5501	1306	1310	5	SKIP - village Remlingen
5501	1332	1332	1	SKIP - PPV
5501	1334	1334	1	SKIP - PPV
5501	1336	1336	1	SKIP - PPV
5501	1343	1343	1	SKIP - PPV
5501	1346	1347	2	SKIP - PPV
5501	1349	1373	25	SKIP - village
5501	1375	1380	6	SKIP - village Remlingen
5501	1485	1486	2	SKIP - blackthorn
5501	1637	1638	2	SKIP - buildings
5501	1651	1651	1	SKIP - buildings
5501	1671	1671	1	SKIP - PPV

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5506	1341	1360	20	SKIP - village
5506	1363	1366	4	SKIP - PPV
5506	1368	1385	18	SKIP - PPV
5506	1486	1487	2	SKIP - blackthorn
5511	1317	1325	9	SKIP - village
5511	1328	1328	1	SKIP - PPV
5511	1331	1370	40	SKIP - PPV
5511	1372	1386	15	SKIP - PPV
5511	1395	1395	1	SKIP - village
5511	1398	1398	1	SKIP - PPV
5511	1484	1489	6	SKIP - blackthorn
5511	1663	1666	4	SKIP - buildings
5516	1343	1343	1	SKIP - PPV
5516	1346	1346	1	SKIP - PPV
5516	1349	1350	2	SKIP - PPV
5516	1352	1357	6	SKIP - village
5516	1359	1406	48	SKIP - village
5516	1435	1436	2	SKIP - biogas storage
5516	1480	1491	12	SKIP - blackthorn
5521	1316	1326	11	SKIP - village
5521	1330	1332	3	SKIP - PPV
5521	1337	1339	3	SKIP - PPV
5521	1341	1351	11	SKIP - village Remlingen
5521	1353	1362	10	SKIP - PPV
5521	1365	1366	2	SKIP - PPV
5521	1368	1415	48	SKIP - village Remlingen
5521	1426	1439	14	SKIP - biogas storage
5521	1483	1492	10	SKIP - blackthorn
5521	1504	1504	1	SKIP - drilling
5521	1524	1524	1	SKIP - drilling
5526	1341	1354	14	SKIP - village
5526	1361	1416	56	SKIP - PPV
5526	1436	1442	7	SKIP - biogas storage
5526	1485	1493	9	SKIP - no permit
5531	1293	1302	10	SKIP - PPV
5531	1316	1317	2	SKIP - PPV
5531	1322	1327	6	SKIP - PPV
5531	1332	1332	1	SKIP - PPV
5531	1341	1355	15	SKIP - village
5531	1357	1366	10	SKIP - village

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
5531	1372	1403	32	SKIP - village Remlingen
5531	1439	1443	5	SKIP - biogaz storage
5531	1487	1494	8	SKIP - no permit
5536	1341	1348	8	SKIP - village
5536	1359	1359	1	SKIP - village
5536	1374	1400	27	SKIP - no permit
5536	1489	1495	7	SKIP - no permit
5536	1534	1534	1	SKIP - artesian safety area
5541	1314	1332	19	SKIP - village Remlingen
5541	1335	1336	2	SKIP - village
5541	1356	1358	3	SKIP - village
5541	1376	1389	14	SKIP - no permit
5541	1490	1498	9	SKIP - blackthorn
5541	1536	1536	1	SKIP - artesian safety area
5546	1379	1380	2	SKIP - no permit
5546	1492	1499	8	SKIP - blackthorn
5546	1521	1521	1	SKIP - drilling
5551	1310	1319	10	SKIP - village
5551	1494	1502	9	SKIP - blackthorn
5551	1538	1540	3	SKIP - artesian safety area
5556	1457	1458	2	SKIP - no permit
5556	1497	1497	1	SKIP - forest
5556	1539	1542	4	SKIP - artesian area
5561	1453	1462	10	SKIP - no permit
5561	1541	1544	4	SKIP - artesian safety area
5561	1581	1581	1	SKIP - water pipe
5566	1448	1469	22	SKIP - no permit
5566	1542	1546	5	SKIP - artesian area
5571	1456	1460	5	SKIP - no permit
5571	1544	1545	2	SKIP - drilling
5581	1531	1531	1	SKIP - QC
5581	1538	1538	1	SKIP - wild animals
5581	1540	1542	3	SKIP - wild animals
5581	1544	1544	1	SKIP - drilling
5581	1556	1560	5	SKIP - wet field
5591	1700	1716	17	SKIP - farmer
5601	1677	1693	17	SKIP - farmer
		Total	**4740**	

Anhang 24: Weggefallene Empfangspunkte

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1101	5233	5249	17	SKIP - no permit
1101	5492	5503	12	SKIP - no permit
1111	5233	5237	5	SKIP - no permit
1121	5233	5248	16	SKIP - no permit
1131	5232	5240	9	SKIP - no permit
1141	5231	5246	16	SKIP - no permit
1151	5230	5245	16	SKIP - no permit
1161	5229	5245	17	SKIP - no permit
1231	5474	5479	6	SKIP - no permit
1241	5274	5279	6	SKIP - no permit
1251	5203	5203	1	SKIP - QC
1251	5258	5258	1	SKIP - QC
1251	5271	5297	27	SKIP - no permit
1261	5120	5120	1	SKIP - QC
1261	5170	5170	1	SKIP - QC
1261	5182	5182	1	SKIP - QC
1261	5206	5206	1	SKIP - QC
1261	5263	5263	1	SKIP - QC
1261	5268	5294	27	SKIP - no permit
1261	5309	5309	1	SKIP - QC
1261	5365	5365	1	SKIP - QC
1261	5370	5370	1	SKIP - QC
1261	5395	5395	1	SKIP - QC
1261	5488	5488	1	SKIP - QC
1261	5496	5496	1	SKIP - QC
1271	5348	5348	1	SKIP - QC
1281	5262	5288	27	SKIP - no permit
1281	5298	5298	1	SKIP - QC
1281	5340	5340	1	SKIP - QC
1281	5420	5420	1	SKIP - QC
1281	5458	5458	1	SKIP - QC
1291	5259	5285	27	SKIP - no permit
1291	5589	5589	1	SKIP - QC
1311	5178	5178	1	SKIP - QC
1311	5345	5345	1	SKIP - QC
1311	5383	5383	1	SKIP - QC
1321	5180	5180	1	SKIP - QC
1321	5234	5234	1	SKIP - QC
1321	5276	5276	1	SKIP - QC
1331	5255	5255	1	SKIP - QC
1331	5521	5521	1	SKIP - QC
1331	5577	5577	1	SKIP - QC
1331	5590	5590	1	SKIP - QC
1341	5103	5103	1	SKIP - QC

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1341	5245	5248	4	SKIP - no owner
1341	5392	5392	1	SKIP - QC
1341	5402	5404	3	SKIP - QC
1341	5432	5432	1	SKIP - QC
1341	5438	5438	1	SKIP - QC
1341	5497	5498	2	SKIP - concrete
1346	5338	5338	1	SKIP - QC
1346	5367	5367	1	SKIP - QC
1346	5369	5369	1	SKIP - QC
1346	5374	5374	1	SKIP - QC
1346	5388	5388	1	SKIP - QC
1346	5514	5514	1	SKIP - concrete
1346	5522	5522	1	SKIP - no owner
1346	5563	5563	1	SKIP - QC
1351	5140	5140	1	SKIP - QC
1351	5161	5162	2	SKIP - QC
1351	5166	5166	1	SKIP - QC
1351	5193	5193	1	SKIP - QC
1351	5210	5210	1	SKIP - QC
1351	5251	5251	1	SKIP - QC
1351	5321	5321	1	SKIP - QC
1351	5324	5324	1	SKIP - QC
1351	5390	5390	1	SKIP - QC
1351	5412	5412	1	SKIP - QC
1351	5418	5418	1	SKIP - QC
1351	5493	5494	2	SKIP - concrete
1351	5561	5561	1	SKIP - QC
1351	5570	5570	1	SKIP - QC
1351	5576	5576	1	SKIP - QC
1356	5207	5208	2	SKIP - QC
1356	5290	5290	1	SKIP - QC
1356	5351	5351	1	SKIP - QC
1356	5377	5377	1	SKIP - QC
1356	5502	5502	1	SKIP - QC
1361	5211	5211	1	SKIP - concrete
1361	5263	5263	1	SKIP - QC
1361	5265	5265	1	SKIP - QC
1361	5286	5286	1	SKIP - QC
1361	5293	5293	1	SKIP - QC
1361	5325	5325	1	SKIP - QC
1361	5364	5364	1	SKIP - QC
1361	5370	5370	1	SKIP - QC
1361	5426	5426	1	SKIP - QC
1361	5429	5429	1	SKIP - QC
1361	5433	5433	1	SKIP - QC

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1361	5435	5435	1	SKIP - QC
1361	5438	5438	1	SKIP - QC
1361	5502	5502	1	SKIP - concrete
1361	5523	5523	1	SKIP - no owner
1361	5532	5532	1	SKIP - no owner
1366	5253	5253	1	SKIP - QC
1366	5363	5363	1	SKIP - QC
1366	5448	5453	6	SKIP - no permit
1366	5528	5528	1	SKIP - QC
1371	5208	5208	1	SKIP - concrete
1371	5287	5287	1	SKIP - QC
1371	5346	5346	1	SKIP - QC
1371	5428	5465	38	SKIP - no permit
1371	5506	5506	1	SKIP - concrete
1371	5510	5514	5	SKIP - no owner
1371	5577	5577	1	SKIP - QC
1376	5205	5205	1	SKIP - QC
1376	5391	5391	1	SKIP - QC
1376	5436	5469	34	SKIP - no permit
1376	5504	5504	1	SKIP - QC
1381	5214	5214	1	SKIP - concrete
1381	5222	5223	2	SKIP - QC
1381	5239	5239	1	SKIP - concrete
1381	5444	5463	20	SKIP - no permit
1381	5530	5534	5	SKIP - building
1386	5212	5213	2	SKIP - concrete
1386	5406	5414	9	SKIP - no permit
1386	5452	5460	9	SKIP - no permit
1386	5529	5532	4	SKIP - building
1391	5377	5377	1	SKIP - QC
1391	5415	5422	8	SKIP - no permit
1391	5443	5443	1	SKIP - QC
1391	5445	5445	1	SKIP - QC
1391	5468	5468	1	SKIP - QC
1396	5423	5430	8	SKIP - no permit
1396	5437	5437	1	SKIP - QC
1396	5456	5462	7	SKIP - no permit
1396	5499	5499	1	SKIP - QC
1396	5544	5544	1	SKIP - QC
1401	5120	5120	1	SKIP - QC
1401	5130	5130	1	SKIP - QC
1401	5216	5219	4	SKIP - concrete
1401	5309	5309	1	SKIP - QC
1401	5335	5335	1	SKIP - QC
1401	5360	5360	1	SKIP - QC

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1401	5430	5438	9	SKIP - no permit
1401	5451	5458	8	SKIP - no permit
1406	5263	5263	1	SKIP - QC
1406	5363	5363	1	SKIP - QC
1406	5438	5438	1	SKIP - no permit
1406	5447	5453	7	SKIP - no permit
1411	5445	5450	6	SKIP - no permit
1416	5235	5236	2	SKIP - QC
1416	5271	5271	1	SKIP - QC
1416	5285	5285	1	SKIP - QC
1416	5294	5294	1	SKIP - QC
1416	5296	5296	1	SKIP - QC
1416	5331	5331	1	SKIP - QC
1416	5400	5400	1	SKIP - QC
1416	5405	5405	1	SKIP - QC
1416	5435	5435	1	SKIP - QC
1416	5438	5438	1	SKIP - QC
1416	5453	5453	1	SKIP - QC
1416	5456	5456	1	SKIP - QC
1416	5466	5466	1	SKIP - QC
1416	5481	5481	1	SKIP - QC
1416	5492	5492	1	SKIP - QC
1416	5511	5511	1	SKIP - QC
1416	5539	5539	1	SKIP - QC
1421	5434	5434	1	SKIP - QC
1421	5458	5458	1	SKIP - QC
1421	5461	5461	1	SKIP - QC
1421	5467	5467	1	SKIP - QC
1421	5470	5470	1	SKIP - QC
1421	5475	5475	1	SKIP - QC
1421	5500	5500	1	SKIP - QC
1426	5550	5550	1	SKIP - QC
1426	5561	5561	1	SKIP - QC
1431	5120	5120	1	SKIP - QC
1431	5146	5146	1	SKIP - QC
1431	5238	5238	1	SKIP - QC
1431	5250	5250	1	SKIP - QC
1431	5327	5327	1	SKIP - QC
1431	5452	5452	1	SKIP - QC
1431	5471	5471	1	SKIP - QC
1431	5475	5475	1	SKIP - QC
1431	5491	5491	1	SKIP - QC
1431	5499	5499	1	SKIP - QC
1431	5516	5518	3	SKIP - no permit
1436	5356	5356	1	SKIP - QC

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1436	5368	5368	1	SKIP - QC
1436	5372	5372	1	SKIP - QC
1436	5467	5467	1	SKIP - QC
1436	5487	5487	1	SKIP - QC
1436	5501	5501	1	SKIP - QC
1436	5517	5521	5	SKIP - no permit
1441	5217	5219	3	SKIP - no permit
1456	5453	5464	12	SKIP - no permit
1456	5561	5570	10	SKIP - no permit
1461	5456	5473	18	SKIP - no permit
1461	5566	5567	2	SKIP - no permit
1466	5468	5480	13	SKIP - no permit
1466	5564	5570	7	SKIP - no permit
1476	5374	5374	1	SKIP - QC
1476	5380	5381	2	SKIP - QC
1476	5383	5384	2	SKIP - QC
1481	5389	5390	2	SKIP - QC
1486	5238	5238	1	SKIP - QC
1486	5307	5307	1	SKIP - QC
1486	5476	5492	17	SKIP - no permit
1491	5487	5490	4	SKIP - no permit
1496	5234	5234	1	SKIP - QC
1496	5271	5271	1	SKIP - QC
1496	5309	5309	1	SKIP - QC
1496	5335	5335	1	SKIP - QC
1496	5358	5358	1	SKIP - QC
1496	5487	5488	2	SKIP - no permit
1496	5570	5570	1	SKIP - QC
1501	5185	5185	1	SKIP - QC
1501	5239	5239	1	SKIP - QC
1501	5304	5304	1	SKIP - QC
1501	5336	5337	2	SKIP - no permit
1501	5373	5373	1	SKIP - QC
1501	5484	5486	3	SKIP - no permit
1506	5336	5337	2	SKIP - no permit
1506	5481	5484	4	SKIP - no permit
1511	5336	5338	3	SKIP - no permit
1511	5481	5482	2	SKIP - no permit
1511	5539	5539	1	SKIP - QC
1516	5336	5338	3	SKIP - no permit
1526	5451	5451	1	SKIP - QC
1526	5453	5453	1	SKIP - QC
1526	5461	5461	1	SKIP - QC
1526	5549	5549	1	SKIP - QC
1526	5554	5554	1	SKIP - QC

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1531	5260	5260	1	SKIP - QC
1531	5308	5308	1	SKIP - QC
1531	5367	5367	1	SKIP - QC
1531	5403	5403	1	SKIP - QC
1531	5417	5417	1	SKIP - QC
1531	5469	5469	1	SKIP - QC
1531	5475	5475	1	SKIP - QC
1541	5101	5162	62	SKIP - no permit
1551	5101	5161	61	SKIP - no permit
1551	5281	5281	1	SKIP - QC
1551	5494	5494	1	SKIP - QC
1551	5507	5507	1	SKIP - QC
1551	5512	5512	1	SKIP - QC
1551	5541	5541	1	SKIP - QC
1551	5548	5548	1	SKIP - QC
1551	5564	5564	1	SKIP - QC
1561	5101	5160	60	SKIP - no permit
1566	5230	5230	1	SKIP - QC
1571	5115	5161	47	SKIP - no permit
1571	5193	5200	8	SKIP - no permit
1571	5217	5227	11	SKIP - no permit
1581	5123	5158	36	SKIP - no permit
1581	5172	5183	12	SKIP - no permit
1591	5122	5157	36	SKIP - no permit
1591	5170	5189	20	SKIP - no permit
1601	5143	5186	44	SKIP - no permit
1611	5117	5129	13	SKIP - no permit
1611	5197	5197	1	SKIP - QC
1611	5247	5247	1	SKIP - QC
1611	5265	5265	1	SKIP - QC
1611	5268	5268	1	SKIP - QC
1611	5282	5282	1	SKIP - QC
1611	5286	5286	1	SKIP - QC
1611	5344	5344	1	SKIP - QC
1611	5432	5432	1	SKIP - QC
1611	5434	5434	1	SKIP - QC
1611	5438	5438	1	SKIP - QC
1611	5447	5447	1	SKIP - QC
1611	5538	5538	1	SKIP - QC
1611	5565	5565	1	SKIP - QC
1611	5580	5580	1	SKIP - QC
1611	5585	5585	1	SKIP - QC
1611	5588	5588	1	SKIP - QC
1611	5600	5600	1	SKIP - QC
1621	5114	5179	66	SKIP - no permit

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1621	5378	5378	1	SKIP - QC
1631	5141	5176	36	SKIP - no permit
1631	5340	5340	1	SKIP - QC
1631	5482	5487	6	SKIP - lawn
1641	5106	5140	35	SKIP - no permit
1641	5216	5216	1	SKIP - QC
1641	5269	5269	1	SKIP - QC
1641	5275	5275	1	SKIP - QC
1641	5283	5283	1	SKIP - QC
1641	5299	5299	1	SKIP - QC
1641	5319	5342	24	SKIP - no permit
1641	5351	5351	1	SKIP - QC
1641	5468	5474	7	SKIP - no owner
1641	5582	5582	1	SKIP - QC
1651	5103	5169	67	SKIP - no permit
1651	5317	5339	23	SKIP - no permit
1651	5413	5413	1	SKIP - QC
1661	5101	5166	66	SKIP - no permit
1661	5314	5337	24	SKIP - no permit
1671	5121	5162	42	SKIP - no permit
1671	5168	5168	1	SKIP - QC
1671	5312	5334	23	SKIP - no permit
1681	5290	5290	1	SKIP - QC
1681	5310	5332	23	SKIP - no permit
1691	5307	5330	24	SKIP - no permit
1701	5313	5328	16	SKIP - no permit
1701	5418	5418	1	SKIP - QC
1701	5466	5466	1	SKIP - QC
1701	5494	5494	1	SKIP - QC
1711	5464	5464	1	SKIP - QC
1721	5151	5152	2	SKIP - QC
1721	5166	5166	1	SKIP - QC
1721	5170	5170	1	SKIP - QC
1721	5180	5180	1	SKIP - QC
1721	5184	5184	1	SKIP - QC
1721	5188	5188	1	SKIP - QC
1721	5303	5303	1	SKIP - QC
1721	5307	5307	1	SKIP - QC
1721	5309	5309	1	SKIP - QC
1721	5311	5311	1	SKIP - QC
1721	5320	5320	1	SKIP - QC
1721	5353	5353	1	SKIP - QC
1721	5355	5355	1	SKIP - QC
1721	5367	5367	1	SKIP - QC
1721	5422	5422	1	SKIP - QC

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1721	5443	5443	1	SKIP - QC
1721	5450	5450	1	SKIP - QC
1721	5505	5505	1	SKIP - QC
1721	5518	5518	1	SKIP - QC
1721	5527	5527	1	SKIP - QC
1721	5596	5596	1	SKIP - QC
1721	5598	5598	1	SKIP - QC
1731	5342	5342	1	SKIP - QC
1731	5351	5351	1	SKIP - QC
1731	5385	5385	1	SKIP - QC
1731	5509	5509	1	SKIP - QC
1731	5511	5511	1	SKIP - QC
1731	5578	5578	1	SKIP - QC
1731	5581	5581	1	SKIP - QC
1761	5128	5128	1	SKIP - QC
1761	5598	5598	1	SKIP - QC
1771	5159	5159	1	SKIP - QC
1771	5326	5326	1	SKIP - QC
1771	5422	5422	1	SKIP - QC
1771	5443	5443	1	SKIP - QC
1771	5458	5458	1	SKIP - QC
1781	5111	5120	10	SKIP - no permit
1781	5165	5165	1	SKIP - QC
1781	5182	5182	1	SKIP - QC
1781	5312	5312	1	SKIP - QC
1781	5344	5344	1	SKIP - QC
1781	5362	5362	1	SKIP - QC
1781	5377	5377	1	SKIP - QC
1781	5389	5389	1	SKIP - QC
1781	5413	5413	1	SKIP - QC
1781	5476	5477	2	SKIP - QC
1781	5495	5495	1	SKIP - QC
1791	5163	5163	1	SKIP - QC
1791	5167	5168	2	SKIP - QC
1791	5173	5173	1	SKIP - QC
1791	5186	5186	1	SKIP - QC
1791	5197	5197	1	SKIP - QC
1791	5344	5344	1	SKIP - QC
1791	5347	5347	1	SKIP - QC
1791	5359	5359	1	SKIP - QC
1791	5368	5368	1	SKIP - QC
1791	5371	5371	1	SKIP - QC
1791	5378	5378	1	SKIP - QC
1791	5382	5382	1	SKIP - QC
1791	5387	5387	1	SKIP - QC

Line no.	First station	Last station	Number of skipped source points	Reason
1791	5397	5397	1	SKIP - QC
1791	5476	5476	1	SKIP - QC
1791	5488	5488	1	SKIP - QC
1791	5494	5495	2	SKIP - QC
1791	5524	5524	1	SKIP - QC
1791	5539	5539	1	SKIP - QC
1791	5544	5544	1	SKIP - QC
1791	5553	5553	1	SKIP - QC
1791	5562	5562	1	SKIP - QC
1791	5569	5569	1	SKIP - QC
1791	5590	5590	1	SKIP - QC
1801	5465	5465	1	SKIP - QC
1811	5538	5538	1	SKIP - QC
1821	5341	5341	1	SKIP - QC
1831	5284	5284	1	SKIP - QC
1841	5198	5198	1	SKIP - QC
1841	5301	5301	1	SKIP - QC
1851	5504	5504	1	SKIP - QC
		Total	**1750**	

Anhang 25: SEGY to SEGD Converter, SEGD format specification

INNOSEIS

SEGY to SEGD Converter

SEGD format specification

Release 1.01

May 2019

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

Table of contents

I. Overview

II. File Header block

1. *General Header Block*
2. Up to 16 *Channel Sets*
3. *Extended Header*

III. Trace Data block

1. *Trace Header Block*
2. *Trace Data*

I. Overview

SEGY to SEGD Converter record seismic data into SEG-D files in accordance with SEG revision 2.1. Every seismic record is written to the separate SEG-D file.

Per the SEG specification, SEG-D file contains *File Header* followed by *Trace Data Block*. Whereas *Trace Data Block* contains series of *Trace Data* proceeded by *Trace Headers*.

Abbreviations

The abbreviation in the "Format" column gives the format of the value:

- BCD - Binary-Coded Decimal
- bin - unsigned binary
- asc - ASCII
- flt - IEEE single-precision
- dbl - IEEE double-precision format

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

II. File Header block

File Header block contains the following;

1. *General Header Block* – 96 bytes
2. Up to 16 *Channel Sets* – 32 bytes each
3. *Extended Header* – 1024 bytes

1. *General Header Block*

Byte number	Number of bytes	Format	Description	Default Value
1	2	BCD	File number	
3	2	BCD	Format code	8058
5	6		General constants for rec system	9
11	1	BCD	Last two digits of Year (0-99)	
12H	0.5	BCD	Number of additional blocks in general header	2
12L,13	1.5	BCD	Julian day, 3 digits (1-366)	
14	1	BCD	Hour	
15	1	BCD	Minute	
16	1	BCD	Second	
17	1	BCD	Manufacturer's code	62
18	2	BCD	Manufacturer's serial number	0
20	3		Bytes per scan	000000
23	1	BCD	Base scan interval	10 = 1 ms 20 = 2 ms 40 = 4 ms
24	2		Not used	0
26H	0.5	BCD	Record type	8 = normal 2 = test record
26L	1.5	bin	Record length	
28	1	BCD	Scan type per record	01
29	1	BCD	Number of channel sets per record	16
30	1	BCD	Number of sample skew 32 byte extensions	00
31	1	BCD	Extended header length = 32	32
32	1	BCD	External header length	32
33	3	bin	Expanded file number	
36	4		Not used	
40	2	bin	External header blocks	0
42	1		Not used	
43	2	bin	SEG-D Revision Number	2.0039062
45	2	BCD	Number of Blocks of General Trailer	0
47	3	bin	Extended Record Length	
50	1		Not used	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

51	1	bin	General Header Block Number	2
52	13		Not used	
65	3	bin	Expanded file number	
68	5	bin	Source Line Number	
73	5	bin	Source Point Number	
78	1	bin	Source Point Index (1-9)	
79	4		Not used	
83	1	bin	General Header Block Number	3
84	13		Not used	

2. *Channel Sets*

Byte number	Number of bytes	Format	Description	Default Value
1	1	BCD	Scan Type Header	01
2	1	BCD	Channel Set Number	
3	2	bin	Channel Set Starting Time	0
5	2	bin	Channel Set End Time	Record length
7	2	sbin	Descale Multiplier	
9	2	BCD	Number of channels in this channel set	
11H	0,5	BCD	Channel Type Identification	1 = Seis 9 = Aux
11L, 12	1.5		Not used	
13	2	BCD	Alias filter frequency at - 3dB point	20
15	2	BCD	Alias filter slope	380
17	2	BCD	Low-cut filter frequency	0
19	2	BCD	Low-cut filter slope	0
21	2	BCD	First Notch Frequency	0
23	2	BCD	Second Notch Frequency	0
25	2	BCD	Third Notch Frequency	0
27	2	BCD	Extended channel set number	0
29	1	bin	Trace Header Extensions	07
30	1	bin	Vertical Stack	
31	2		Not used	

3. *Extended Header*

Byte number	Number of bytes	Format	Description	Default Value
1	4	bin	Acquisition length (ms)	
5	4	bin	Sample rate (us)	
9	4	bin	Total number of traces	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

13	4	bin	Number of Auxes	
17	4	bin	Number of Seis traces	
21	4	bin	Number of dead Seis traces	
25	4	bin	Number of live Seis traces	
29	4	bin	Type of source	0 = no source 1 = Impulsive 2 = Vibro
33	4	bin	Number of samples in trace	
37	4	bin	Shot number	
41	4	flt	TB window (ms)	
45	52		Not used	0
97	4	bin	Noise elimination type	1 Off. 2 Diversity Stack.
101	40		Not used	0
141	4	bin	Type of process	1 No operation (raw data). 2 Stack. 3 Correlation After stack. 4 Correlation Before stack.
145	256		Not used	
401	4	bin	Stacking fold	
405	80		Not used	
485	4	bin	Record length 100 to 128000 ms	
489	4	bin	Autocorrelation peak time 1 to 128000 ms	
493	4		Not used	
497	4	bin	Correlation Pilot No. 1 to 100000	
501	4	bin	Pilot length 1000 to 128000 ms	
505	4	bin	Sweep length 1000 to 128000 ms	
509	4	bin	Acquisition number 1 to 32	
513	4	flt	Max of max, Aux (IEEE format, single precision)	
517	4	flt	Max of max, Seis (IEEE format, single precision)	
521	4	bin	Dump stacking fold 1 to 32	
525	16	asc	Tape label ASCII text	
541	4	bin	Tape number 1	1
545	16	asc	Software version ASCII text	2.0
561	12	asc	Date ASCII text (dd mmm yyyy)	
573	8	dbl	Source easting	
581	8	dbl	Source northing	
589	4	flt	Source elevation	
593	180		Not used	

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

773	4	bin	Stack sign	1
777	80		Not used	
857	4	bin	Listening time (ms)	
861	16		Not used	
877	8	bin	GPS time of acquisition Time Break (us) since January 6, 1980 at 0:00 a.m.UTC (signed integer)	
885	16		Reserved	
901	8	bin	GPS time of 2st acquisition Time Break	
909	8	bin	GPS time of 3st acquisition Time Break	
917	8	bin	GPS time of 4st acquisition Time Break	
925	8	bin	GPS time of 5st acquisition Time Break	
933	8	bin	GPS time of 6st acquisition Time Break	
941	8	bin	GPS time of 7st acquisition Time Break	
949	8	bin	GPS time of 8st acquisition Time Break	
957	8	bin	GPS time of 9st acquisition Time Break	

III. Trace Data block

Trace Data block contains the following;

1. *Trace Header Block* – 96 bytes
2. *Trace Data* – IEEE Floating Point Format

1. *Trace Header Block*

Byte number	Number of bytes	Format	Description	Default Value
1	2	BCD	File number	
3	1	BCD	Scan Type Number	01
4	1	BCD	Channel Set Number	
5	2	BCD	Trace number	
7	2	bin	First Timing Word Refraction delay	0
10	1	bin	Trace Header Extension	7
11	1	bin	Sample skew	0
12	4		Not used	
16	2	bin	Extended channel set number	0
18	3	bin	Extended file number	
21	3	bin	Receiver line number	
24	3	bin	Receiver point number	
27	1	bin	Receiver point index	
28	3	bin	Number of samples per trace	
31	10		Not used	
41	1	bin	Sensor SEGD code	0 : not defined 1 : Hydrophone 2 : Geophone
42	11		Not used	
53	8	dbl	Receiver point easting	
61	8	dbl	Receiver point northing	
69	4	flt	Receiver point elevation	
73	8		Not used	
81	4	bin	Extended Trace No.	
85	96		Not used	
181	1	bin	Unit serial number	
182	3	bin	Unit serial number	
185	31		Not used	
218	1	bin	Channel filter	2
219	2		Not used	
221	4	flt	Channel sample to mV conversion factor	1
225	2		Not used	
227	1	bin	Channel type	1 = Seis 9 = Aux

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16

228	1	bin	Channel process	1: Raw data 2: Aux stack 3: Correlation, negative part 4: Correlation, positive part 5: Normal correlation 6: Seis stack
229	16		Not used	

2. *Trace Data Block*

Trace data are stored in IEEE Floating Point Format. IEEE floating point numbers have three basic components: the sign, the exponent, and the mantissa. The mantissa is composed of the fraction and an implicit leading digit. The exponent base (2) is implicit and need not be stored.

The following table shows the layout for single (32-bit) floating-point values. The number of bits for each field are shown, followed by the bit ranges in square brackets. 00 = least-significant bit.

Floating Point Components

	Sign	Exponent	Fraction
Single Precision	1 [31]	8 [30–23]	23 [22–00]
Double Precision	1 [63]	11 [62–52]	52 [51–00]

KQM_Textblatt_REV11_Stand-2018-04-16